

أنطوان بطرس



مكتبة لبنان











مَوْسُوعَةُ الْكُمْبُيُوتَرِ الْمِيسَّرَةِ



أَنْطَوَانُ بَطْرُسْ

مكتبة  
الكتاب  
المستقر

مكتبة لبنان

مَكْتَبَةُ لِبْنَانِ  
سَاحَةُ رِيَاضَتِ الصَّلَاحِ ،  
بَيْرُوتَ ، لِبْنَانِ  
وُكُلَاءُ وَ مُوزَعُونَ فِي جَمِيعِ انْخَاءِ الْعَالَمِ  
© لِحَقُوقِ الْكَامِلَةِ مَحْفُوظَةٌ  
لِمَكْتَبَةِ لِبْنَانِ ، ١٩٩١  
طَبْعَةُ أَوَّلَى ١٩٩١  
طَبْعَةُ ثَانِيَةِ ١٩٩٤  
طُبِعَ فِي لِبْنَانِ  
رَقْمُ الْكِتَابِ 01 D 110144

الرَّسُومُ الدَّاخِلِيَّةُ : سَلِيمُ صَوَايَا  
الْعُلَافُ الْخَارِجِي : نَصِيمُ رَاوُفِ اَنْتِيَّاسِ  
تَنْفِيذُ : سَلِيمُ صَوَايَا  
الْمَخْطُ : فَوَّادُ اسْطِفَّانِ

## الإهداء

إِلَى سَانْدَرَا وَنَادِين  
رَمَزِي تَمَايُزِي فِي الْأُسْلُوبِ  
وَتَجَانُسٍ فِي السَّيِّ  
نَحْوِ الْمُسْتَقْبَلِ

## المقدمة

تتألف هذه الموسوعة من ٢٤ فصلاً تتناول شرح الكمبيوتر وطريقة عمله في أسلوب مبسط ولكن شامل ومحيط، ومن هنا اكتسبت سمة الموسوعة.

وخلالاً للموسوعات التي يغلب عليها الطابع السردى الكثيف، وعلى غرار الموسوعات العلمية الأخرى الصادرة عن «مكتبة لبنان» يعتمد هذا الكتاب الشرح المختصر الوافى المباشير إلى جانب الرسوم المفسرة.

إن الهدف من وراء هذه الموسوعة هو وضع الكمبيوتر، هذا الوافد الجديد إلى الحضارة الإنسانية، بمنازل مختلف المعنيين به وبخاصة أولئك الذين لا يملكون ثقافة كمبيوترية لكنهم يعملون في محيط تغلب عليه التطبيقات الكمبيوترية. وكلنا بات يعلم أن دور الكمبيوتر لن يكون عابراً ولا هامشياً في حياة الإنسان؛ فهو منذ الآن يعم مختلف أوجه الحياة والعمل؛ وتطبيقاته تشمل جميع الحقول والقطاعات: الطبية والمعيشية والسياحية والصناعية والخدماتية والتجارية والعلمية والفنية وحتى الرياضية. لقد غزا الكمبيوتر ميدان العمل وأصبح من مستلزمات المكتب والإدارة والإنتاج، ولم يعد هناك من فرد فاعل في المجتمع يستطيع أن يعيش بمنأى عنه.

تتوجه هذه الموسوعة إلى كل مبتدئ بالكمبيوتر: من زجل التجارة والأعمال إلى الإداري والموظف؛ من المواطن المنتج إلى الطالب الساعي إلى التحصيل؛ من الشاب اليافع الطري العود إلى الزجل الفاعل الذي يقبض زمام الأمور في ميدان عمله ويرفض أن يتخطاه قطار التطور. جميع هؤلاء تجمعهم صفة واحدة هي أنهم مبتدئون بالنسبة للكمبيوتر ولكنهم يختلفون عن غيرهم بأنهم لا يريدون أن يقفوا من هذا التيار الجارف موقف المتفرج فحسب، بل يريدون ملاقاة والإمساك بعنانه وترويضه.

وكما سترأى لقارئ هذه الموسوعة، فإنه ليس في الكمبيوتر أية أسرار أو ألغاز، ولا يوجد فيه شيء يستعصي فهمه. بل على العكس، فالكمبيوتر آلة بسيطة مطواعة لا يحتاج التعرف إلى كنهها أي جهد استثنائي. ويمكن أن يتم ذلك، كما هو الحال في موسوعتنا، بواسطة جولة في بضعة فصول من القراءة المزدانة بالرسوم التوضيحية. وسوف يجد القارئ أنه ألم بالكمبيوتر واستوعب قدراته وإمكاناته، وأن التوهم من الكمبيوتر لا يستند إلى أية حقيقة: فكل الأوهام منشأها لا تستند إلى أي أساس إلا في العقل. وإخراج هذا الوهم من عقولنا ليس بالأمر العسير إطلاقاً.

فتعالوا معنا إلى جولة في عالم الكمبيوتر واستكشفوا ما هو وكيف يعمل؟

المؤلف

في ١-٦-١٩٩٠

## المحتويات

٦	المقدمة
٩	الفصل الأول: ما هو الكمبيوتر؟
١٤	المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (١)
١٥	الفصل الثاني: كيف يعمل الكمبيوتر؟
٢٠	المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (٢)
٢١	الفصل الثالث: نسخ البيانات من أسطوانة إلى أسطوانة أخرى
٢٧	الفصل الرابع: مكونات الكمبيوتر
٣٠	المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (٣)
٣٠	الفصل الخامس: كيف تتولى البرامج زمام الأمور
٣٥	الفصل السادس: الشريحة... إعجاز في التصغير
٣٩	الفصل السابع: لغة الكمبيوتر (١): النظام الثنائي
٤٢	آباء الكمبيوتر (١)
٤٣	الفصل الثامن: لغة الكمبيوتر (٢): النظام الثنائي والست عشري
٤٧	الفصل التاسع: لغة الكمبيوتر (٣): قواعد التحويل
٥٠	آباء الكمبيوتر (٢)
٥١	الفصل العاشر: لغة الكمبيوتر (٤): قواعد الجمع والطرح
٥٥	الفصل الحادي عشر: اللغة الثنائية الإلكترونية
٥٩	الفصل الثاني عشر: المنطق الكمبيوتر (١): الجبر البولي. البوابات المنطقية
٦٣	الفصل الثالث عشر: المنطق الكمبيوتر (٢): ربط البوابات المنطقية
٦٧	الفصل الرابع عشر: الدارات الثنائية (١). من البدالات إلى الترانزيستورات
٧١	الفصل الخامس عشر: الدارات الثنائية (٢): آباء الترانزيستور
٧٢	كيف تعمل البدالة الإلكترونية
٧٤	نصف ناقل عالي الأداء
٧٥	الفصل السادس عشر: الدارات الثنائية (٣): السرعة ومشكلاتها
٧٩	الفصل السابع عشر: الدارات الثنائية (٤): كيف يصنع الترانزيستور
٨٣	الفصل الثامن عشر: من القياسي إلى الرقمي
٨٨	من البيانات إلى الظواهر

## المحتويات

٨٩	.....	الفصل التاسع عشر: تأهيل الكمبيوتر (١)
٩٤	.....	أدوات تحريك الدالة المنزلة
٩٥	.....	الفصل العشرون: تأهيل الكمبيوتر (٢)
٩٨	.....	ضابط الألعاب
٩٩	.....	الفصل الحادي والعشرون: عملية التدقيق الكمبيوترية
١٠٤	.....	الفصل الثاني والعشرون: لوحة المفاتيح
١٠٨	.....	الفصل الثالث والعشرون: المراقب (شاشة العرض)
١١٢	.....	الفصل الرابع والعشرون: الطابعة
١١٦	.....	الرُسوم التصويرية



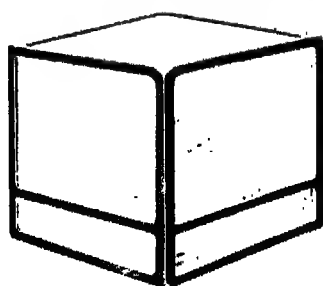


ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

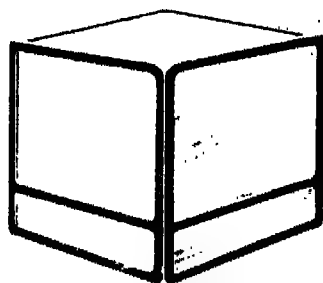
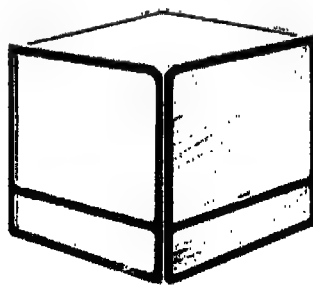
ما هو الكمبيوتر ومِمَّ يتألف؟ ما هي مكوناته وكيف يعمل؟  
أسئلة تواجه كل مبتدئ أو وافد جديد إلى عالم الكمبيوتر.  
نستهل بالإجابة عن هذه الأسئلة تمهيداً للانتقال إلى استعراض كيفية عمله ومفهوم المعالجة.

## الفصل الأول ما هو الكمبيوتر؟

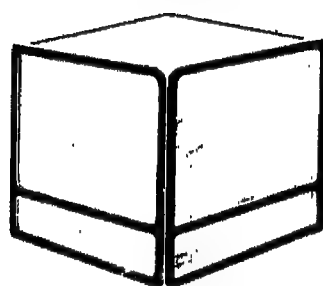
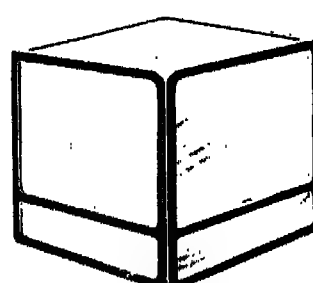
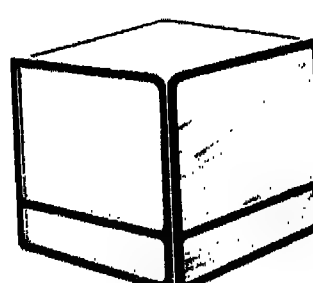
الكمبيوتر جهاز يقوم بعدد من العمليات الحسابية وهي:



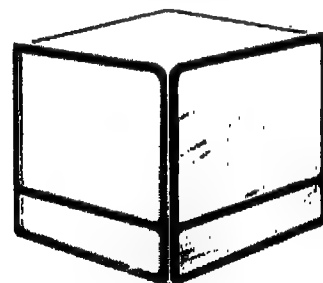
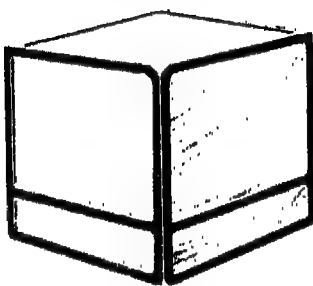
الجمع



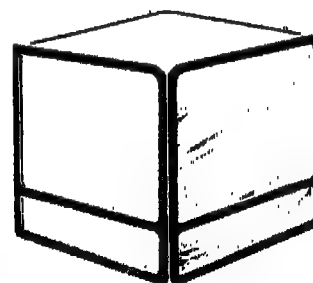
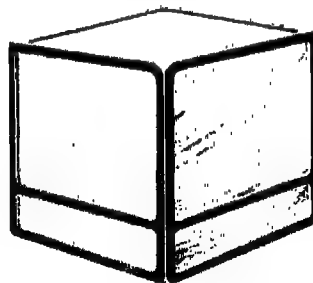
الطرح



الضرب

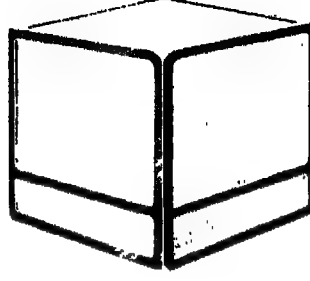
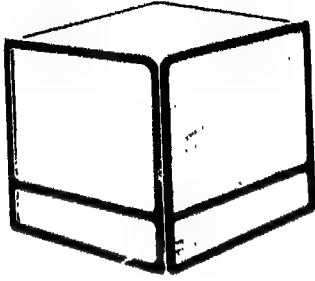


القسمة

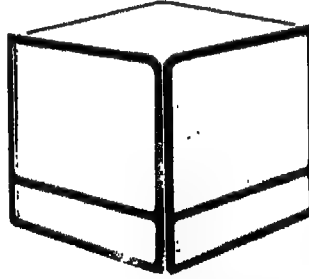
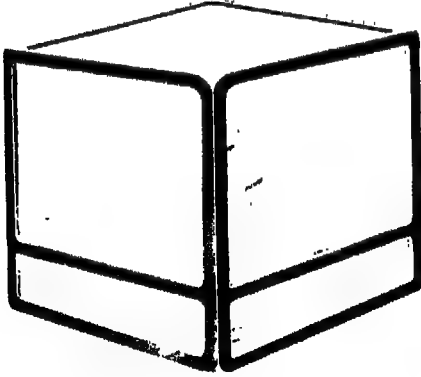


كما ويقوم الكمبيوتر بالعمليات المنطقية التالية:

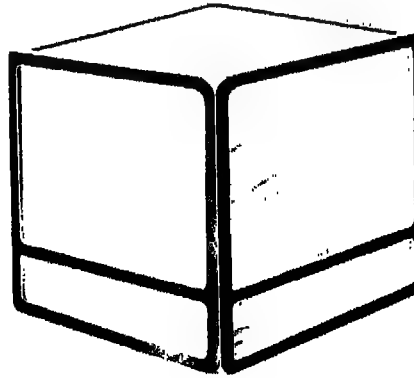
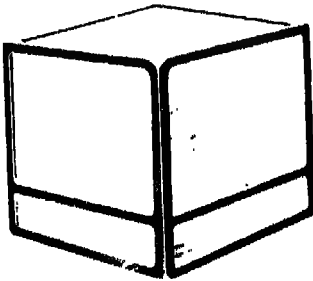
**التعادل**



**اصغر من**



**اكبر من**

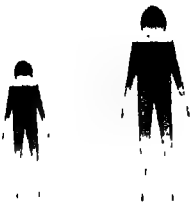


هذا كل ما يفعله الكمبيوتر ولا شيء سوى ذلك. حتى العمليات المعقدة تعتمد هذه العمليات الحسابية والمنطقية السبع. والواقع ان كل شيء يقوم به الكمبيوتر يتم وفق واحدة أو أكثر من هذه العمليات.

ويحتاج الكمبيوتر لاتمام هذه العمليات الى مبرمج، وبواسطة البرامج التي يكتبها المبرمج يستطيع الكمبيوتر القيام بالاعمال العديدة التالية:

● معالجة المتغيرات

إذا (كان الرجل طويلاً) / عندئذ (ابحث عن رجل قصير)



أين وضعت الملف؟

● فرز البيانات والبحث عنها

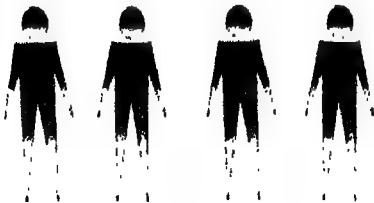
● المقارنة

كلغ حديد = كلغ قطن



كرد الطباعة مرتين

● العمليات المكررة

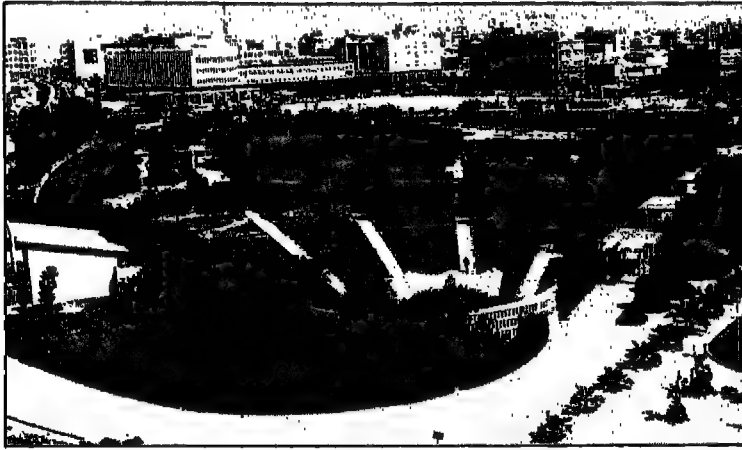


يبلغ مجموع عدد السكان اربعة ملايين

● العمليات الحسابية

## مما يتألف الكمبيوتر؟

يتألف الكمبيوتر من الجزء المادي الملموس ويطلق عليه اسم معدات، وجزء غير ملموس هو البرامج .



المعدات: ان كل شيء تراه عينك في الكمبيوتر هو جزء من المعدات، كالشاشة، ولوحة المفاتيح، والاسلاك، والطابعة الخ... وهناك من يشبه المعدات بالمطبخ المنزلي الذي يتألف من فرن وبرد وغسالة ثياب الخ... وحيث لكل جهاز وظيفة معينة. ويمكن كذلك ان ننسب المعدات بمدينة بمرافقها المنتظمة حيث لكل مرفق وظيفة محددة مرسومة.

البرامج: البرامج هي مجموعة التعليمات والبيانات التي توضع في القسم الالكتروني داخل الكمبيوتر والتي يتبعها لتنفيذ مهامه. وهي على نوعين:

انظمة التشغيل: هي مجموعة التعليمات التي تتابع موقع وجود البيانات والبرامج، وتتخصص علاقة أنظمة التشغيل بوحدة المعالجة المركزية. وإذا كانت المعدات هي أشبه بمدينة فان أنظمة التشغيل هي أشبه بخريطة المدينة التي تبين الطرق والمفارق وأرقام الشوارع حيث يمكن تحديد ومعرفة كل شيء في المدينة على الخريطة وبالطبع فكما ان كل خريطة مدينة تختلف عن خريطة مدينة أخرى، هكذا يختلف نظام تشغيل معين عن آخر.



### برنامج تنظيف السيارة

١ - نظف محرك السيارة

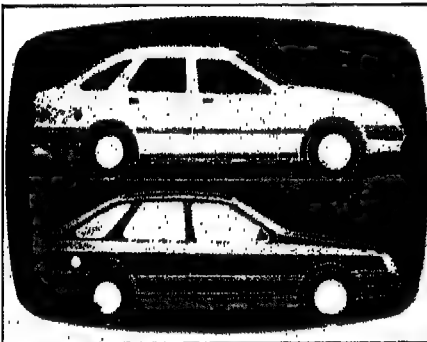
١ - ١ - رش المحرك بمنظف يزيل الشحوم

١ - ٢ - غلف جميع أجزاء المحرك مع الزوايا والشقوق

١ - ٣ - أزل السائل المنظف مع الوسخ بماء الخرطوم

١ - ٤ - دع المودع ينضج بقليل من الماء

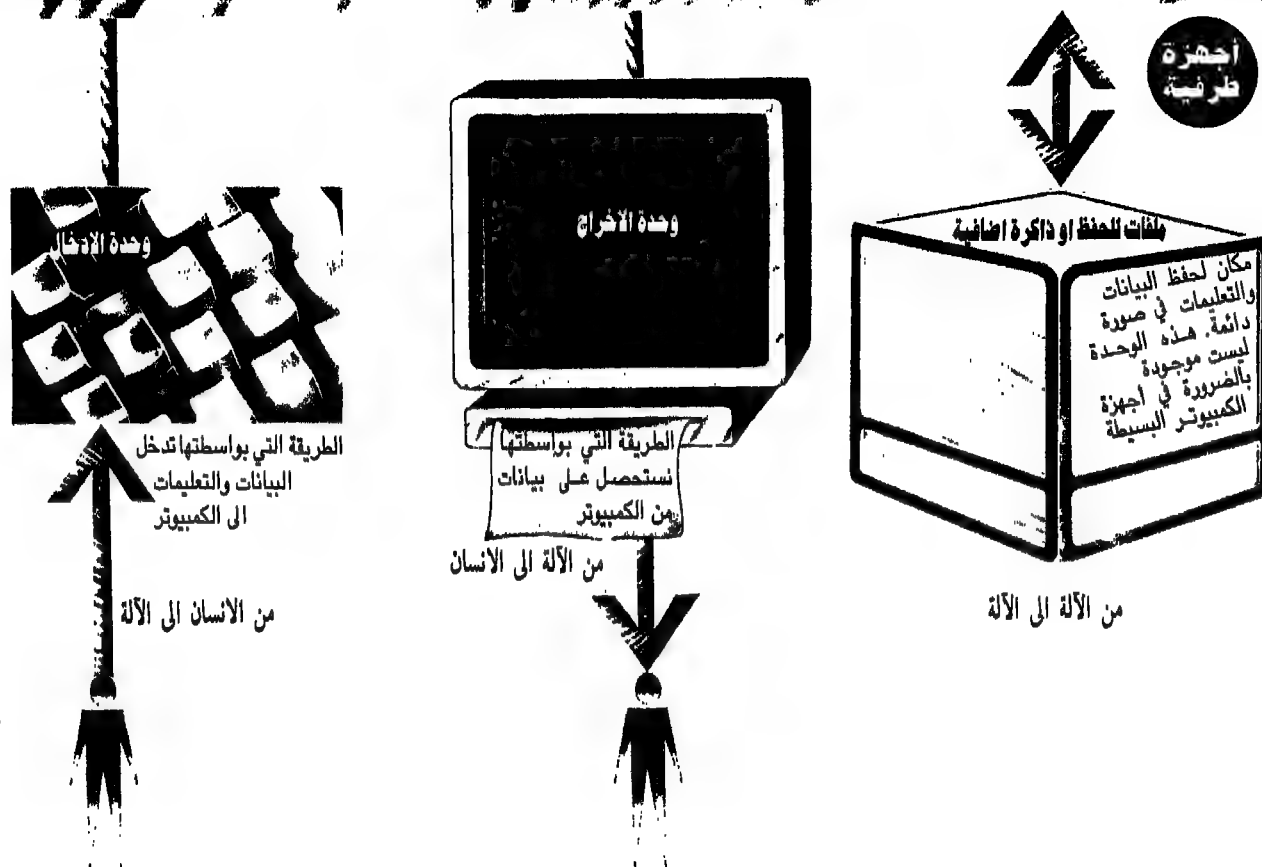
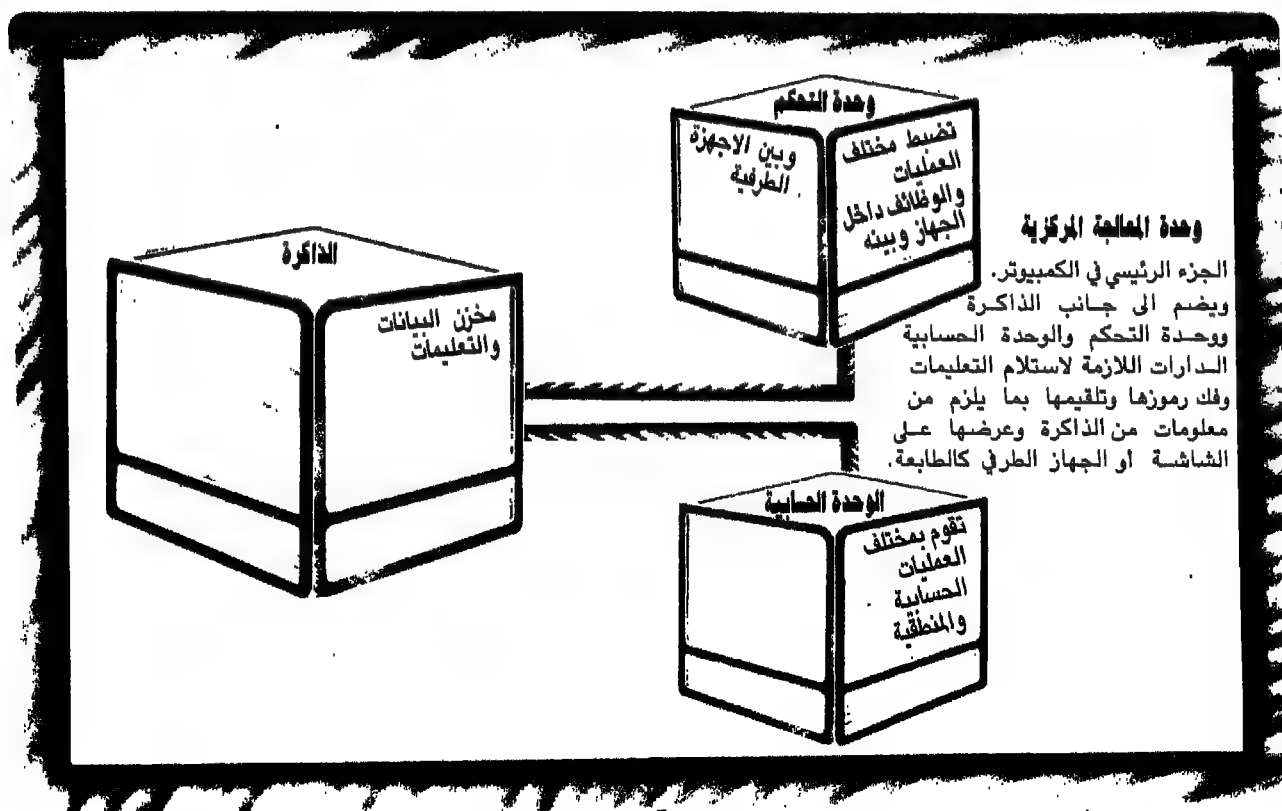
١ - ٥ - تخلص مما يتبقى على الأجزاء الكهربائية من السائل المنظف برش مادة تمتص الرطوبة.



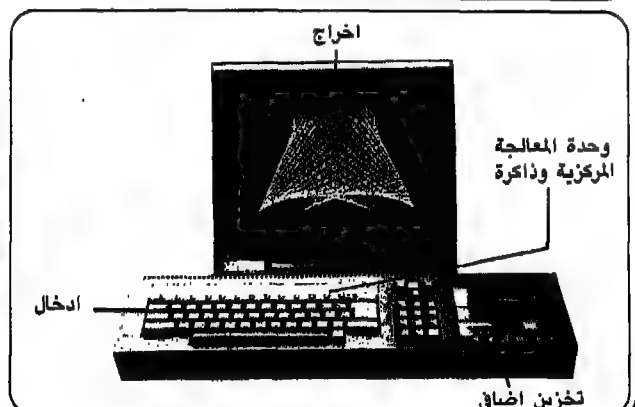
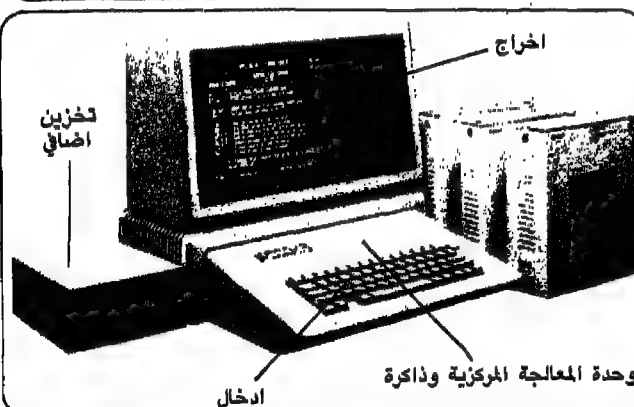
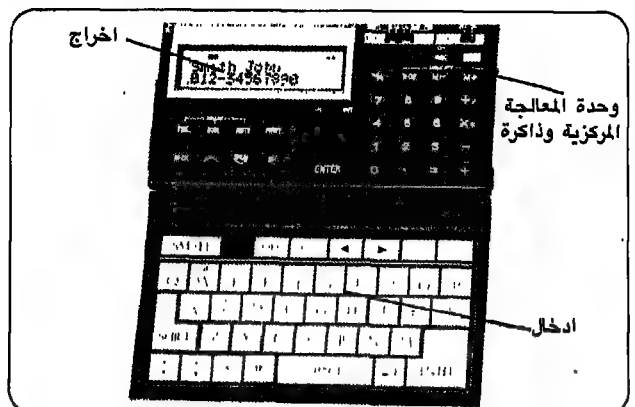
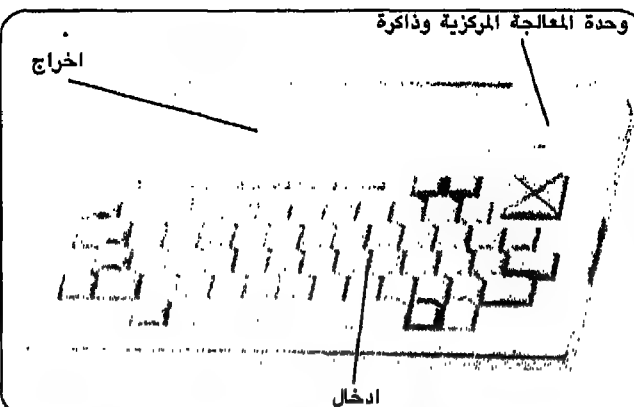
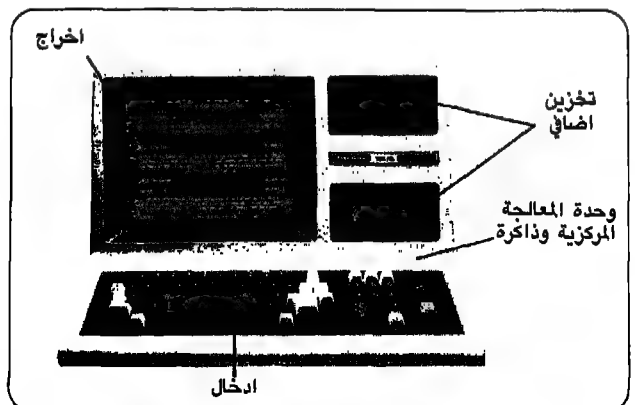
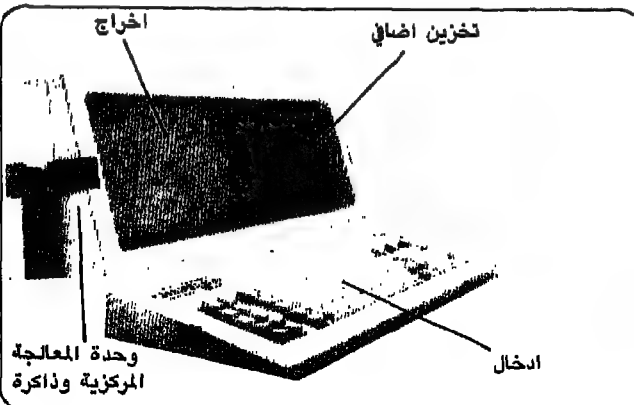
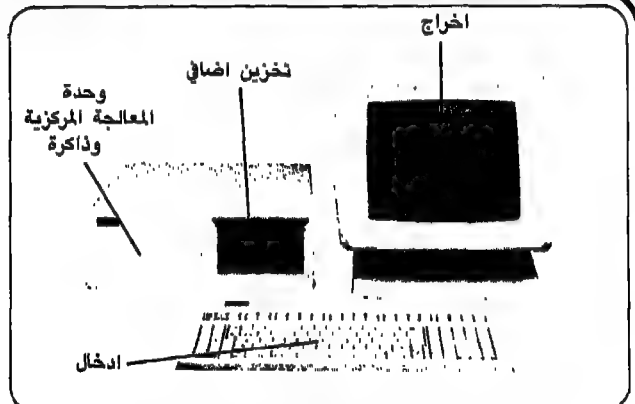
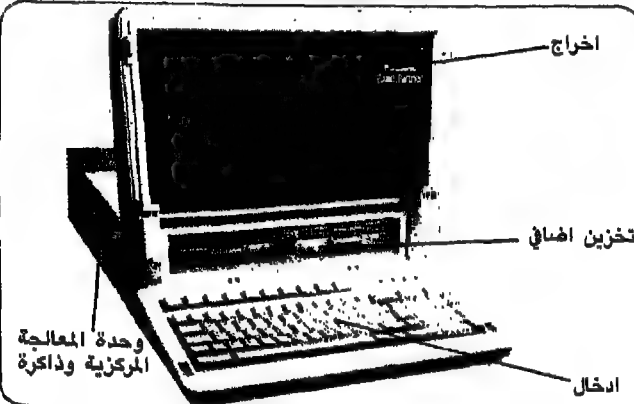
البرامج التطبيقية: هي مجموعة التعليمات التي تحدد للكمبيوتر كيف ينفذ عملا معيناً ومحدداً كأن يصنف لنا أسماء المشتركين في النادي أو يطبع لنا عناوينهم على المطاريق الخ... ومعنى ذلك ان البرنامج التطبيقي ينبغي ان يكتب في الصورة التي تكفل تنفيذ هذا الاداء المعين واعتمادا على نظام التشغيل المختار. فالبرنامج التطبيقي في حاجة الى «خريطة» يتعرف بواسطتها الى أوجه السير والمرور والتنقل ضمن اطاره المادي أي ضمن المعدات.

## المعدات الأساسية في الكمبيوتر

تتألف معدات الكمبيوتر من وحدة معالجة مركزية وأجهزة طرفية :



## تنوع مواقع المعدات الأساسية

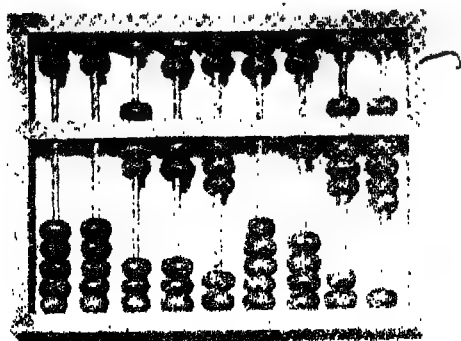


## المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (١)

بين اكتشاف العدّ وظهور الكمبيوتر رحلة طويلة اجتازها الإنسان وعرف فيها وسائل عديدة ومُتنوعة للعدّ. هذه الوسائل تُراوحت بين أصابع اليدين (والقدمين لدى بعض الشعوب) والتشطيط على العظام وقضبان الخشب، والحصي، وعقد الحبال، والمعداد، انتهاءً بالآلة الحاسبة.

وكذلك الأمر فإنّ الانتقال من الآلة الحاسبة إلى الكمبيوتر لم يتمّ دفعة واحدة بل استغرق سنوات عديدة من الخيال والإبداع الفكري؛ خاصّة أنّ الأجهزة الآليّة التي تُعتبر السلف المباشير للكمبيوتر كانت مزيجاً من اثنين، أجهزة ابتُكرت بهدف تسهيل العمليّات الحسابيّة وأخرى ابتُكرت لأهداف صناعيّة ساهمت في توفير وسيلة لإدخال المعلومات إلى الآلات الحاسبة وضبط عمليّات المُعالجة الرقمية وغير الرقمية في آن.

وباستثناء أصابع اليدين فإنّ المعداد هو الوسيلة الوحيدة التي لا تزال مُعتمدة حتّى أيّامنا هذه بين جميع الوسائل والأجهزة التي عرفها الإنسان في مسيرته الطويلة نحو الكمبيوتر.

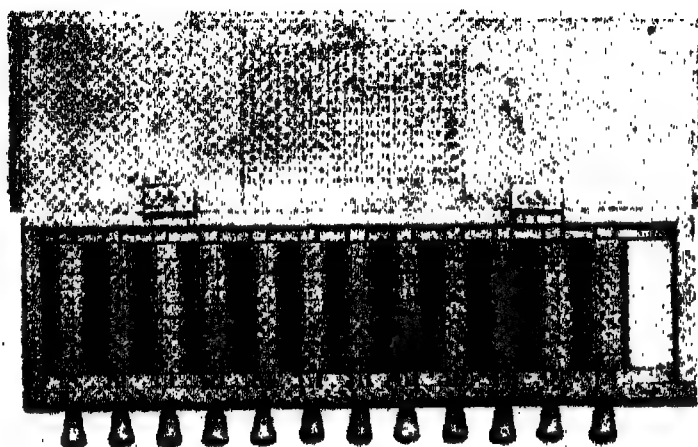


المعداد (Abacus) (حوالي ٣٠٠٠ ق.م.)

أقدم جهاز للعد له طابع آلي متحرك يعتقد أنه من أصل بابلي وأسمه مشتق من كلمة فينيقية هي «أباك»، وتعني الرمل المنثور على سطح ما للكتابة عليه. استخدم على نطاق واسع في الماضي ولا يزال متداولاً حتّى اليوم في الشرق الأقصى. الحذقون في استعماله يضاؤون بسرعاتهم الآلات الحاسبة اليدوية.

عظام نابير (Napier's Bones) (١٦١٧)

مجموعة قضبان عظمية مقسمة إلى أجزاء رقمية يمكن ترتيبها بأسلوب معين فتمكن من إيجاد حاصل الضرب، مثلاً، بجمع سلسلة رقمية تتنسق أفقياً بصورة تلقائية عند تحريك العظام باتجاه الأرقام المطلوبة. قد قام عالم آخر يدعى وليام أوغتريد (William Oughtred) بتطوير النظام إلى «المسطرة المنزلقة» التي كان المهندسون ولا يزالون يستعملونها. كما وأن ظهور حاسبة هسكال أنهى أي دور مستقبلي لها.



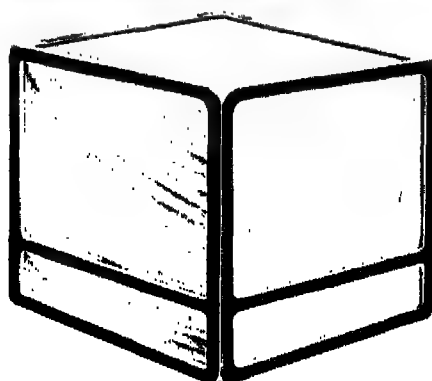


ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرقيات

عرضنا في الفصل الأول ماهية الكمبيوتر ومما يتألف.  
في هذا الفصل نستعرض كيفية عمله ابتداءً بالعلاقة بين المُعدّات والبرامج وانتهاءً بالبيانات وطريقة إدخالها وحفظها.

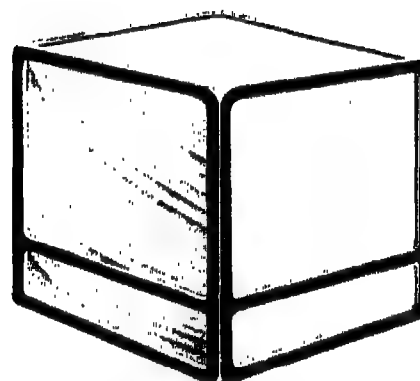
## كيف يعمل الكمبيوتر؟

## الفصل الثاني



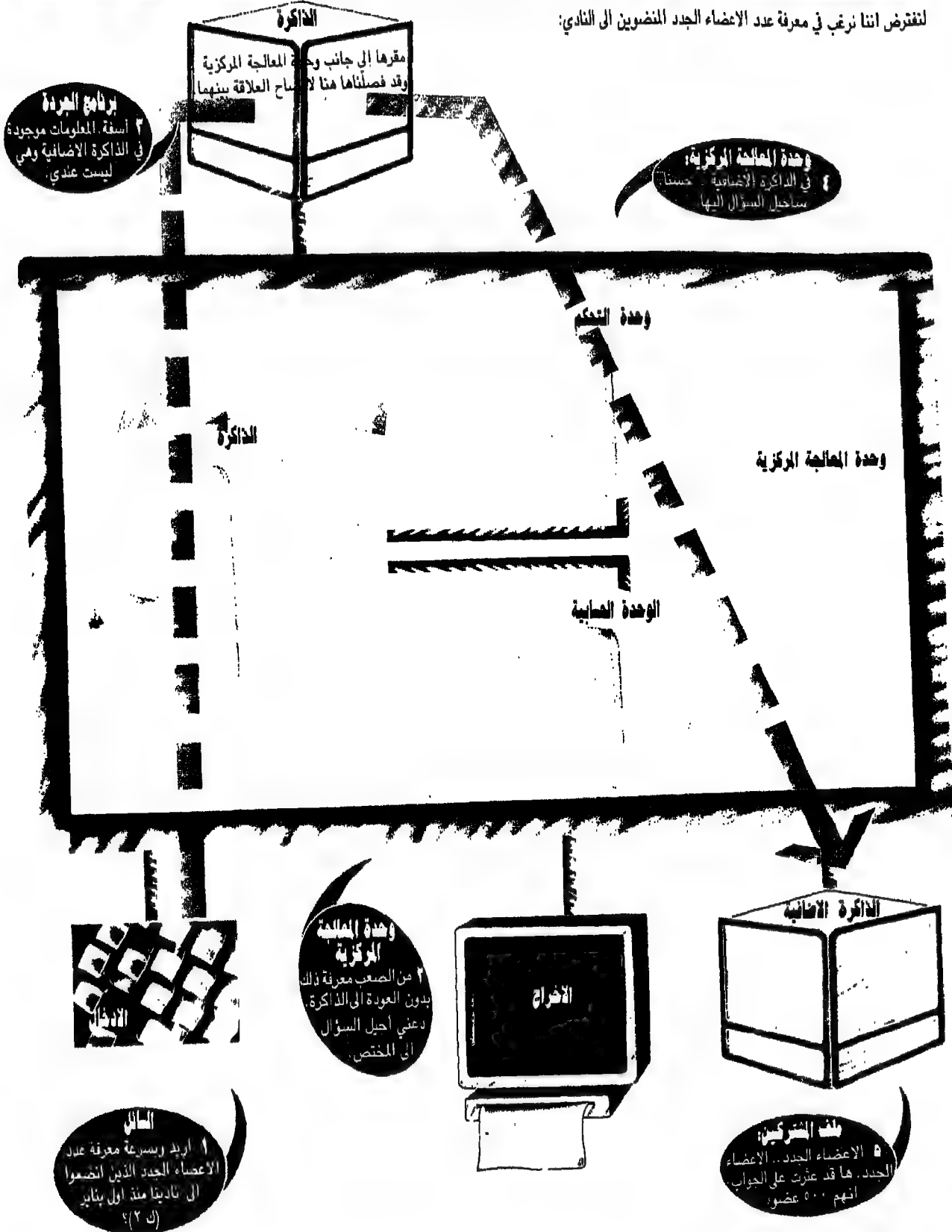
تناولت الحلقة الأولى شرح ما هو الكمبيوتر ومما يتألف والمعدات الأساسية الداخلة في تكوينه بقصد إعطاء فكرة عامة عن هذا الجهاز. وللتذكير نكرر بأن الكمبيوتر يقوم بعدد من العمليات الحسابية كالجمع والطرح والضرب والقسمة، كما ويقوم بعدد من العمليات المنطقية كالتعادل والمفاضلة (اصغر من/ أكبر من). وانطلاقاً من هذه العمليات فإن الكمبيوتر قادر على معالجة ما نقدم له من بيانات. ولكنه يحتاج، للقيام بذلك، إلى برامج. هذه البرامج تمكنه في صورة خاصة من معالجة المتغيرات، وفرز البيانات والبحث عنها، ثم المقارنة بين البيانات أو تكرار بعض الإجراءات، وأخيراً وليس آخراً العمليات الحسابية.

في الحلقة الثانية هذه نعرض لكيفية عمل الكمبيوتر والعلاقة التفاعلية الأساسية بين المعدات والبرامج. كما نتعرف إلى الخطوة الأولى في تشغيله وهي كيفية إدخال البيانات وطرق تخزينها. وتبعاً لنوعية العلاقة بين البرامج والمعدات فإن كل نظام كمبيوترى يكون محدداً بموجب البرنامج التطبيقي، للقيام بمهام معينة. ولنشرح ذلك بمثال نتصور فيه حواراً بين مختلف أقسام (أي مكونات) الكمبيوتر. يقوم السائل بتوجيه سؤاله إلى وحدة المعالجة المركزية التي تبحث عن المعلومات فتجدها في الذاكرة الإضافية حيث يستقر ملف قائمة المشتركين.



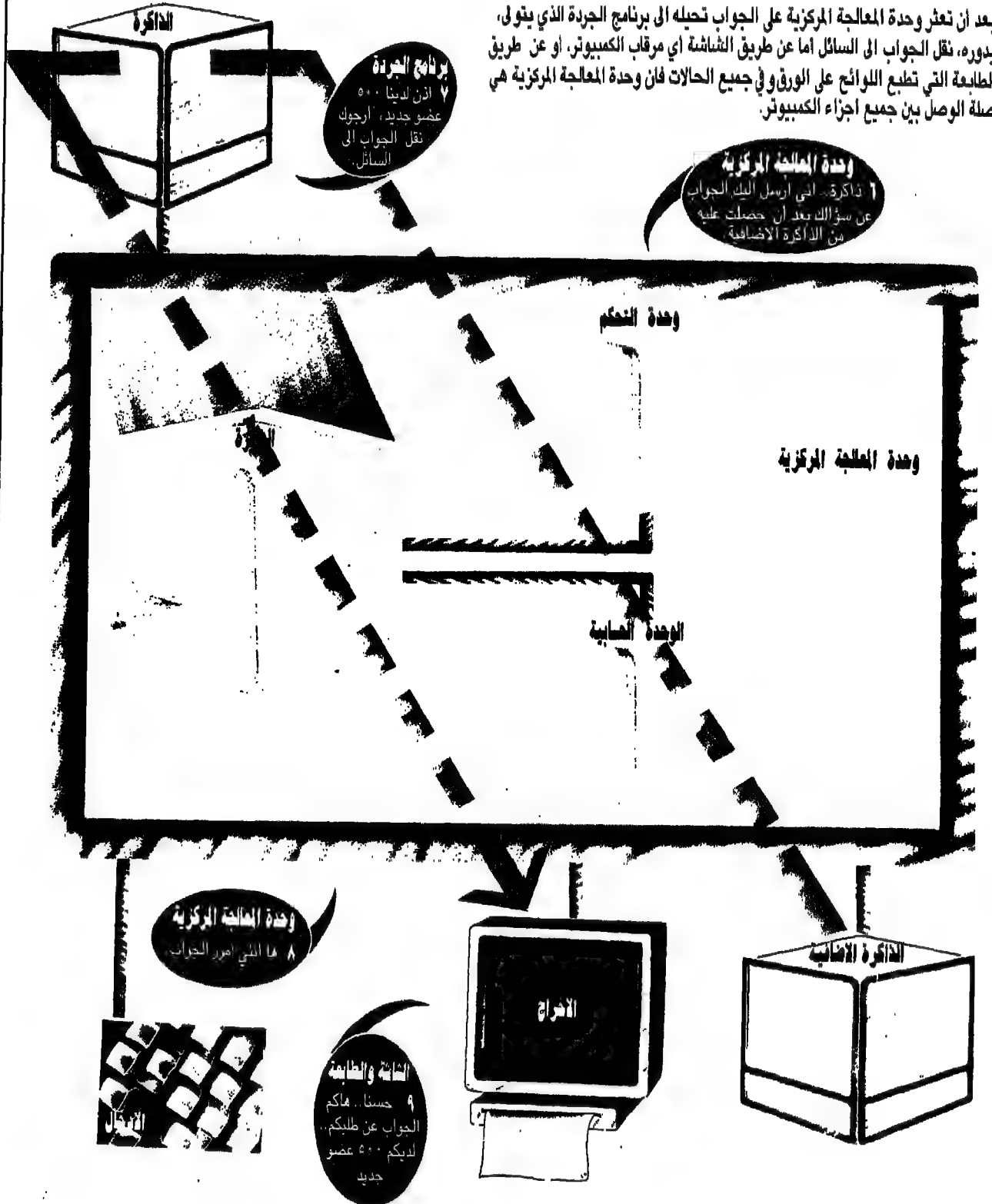
## العلاقة بين المعدات والجوامع

لنفترض اننا نرغب في معرفة عدد الاعضاء الجدد المنضمين الى النادي:



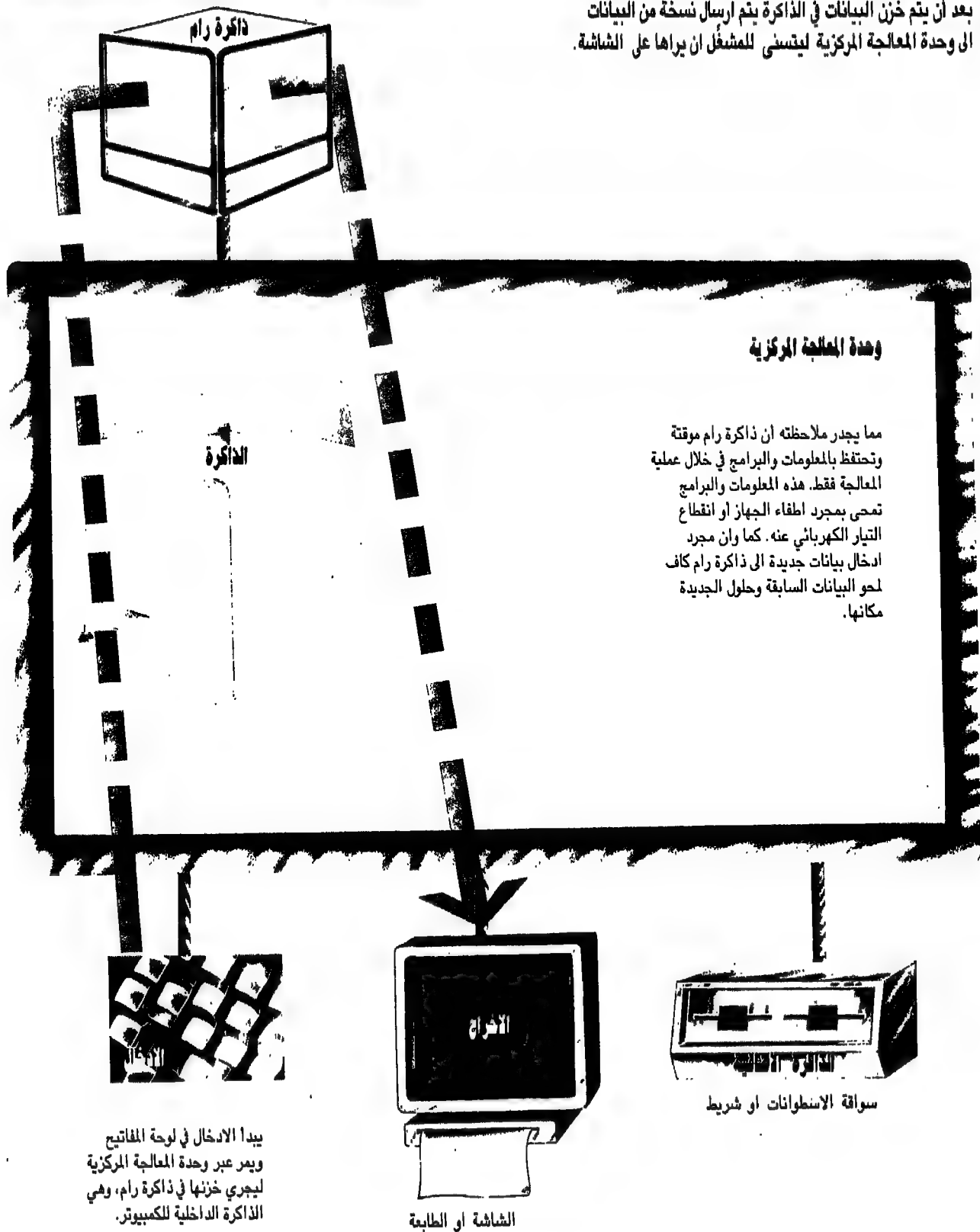


إننا نلاحظ أن برنامج الجردة (وهو بالطبع برنامج تطبيقي) يتولى توجيه المُعدّات الكمبيوترية، وهو يقوم بالاتصال بجميع مكونات الكمبيوتر بواسطة نظام التشغيل. كما نلاحظ أن الوحدة التي تبدو محورية في دورة عمل الكمبيوتر هي وحدة المعالجة المركزية التي تُوجّه جميع التعليمات والبيانات إلى وجهاتها.



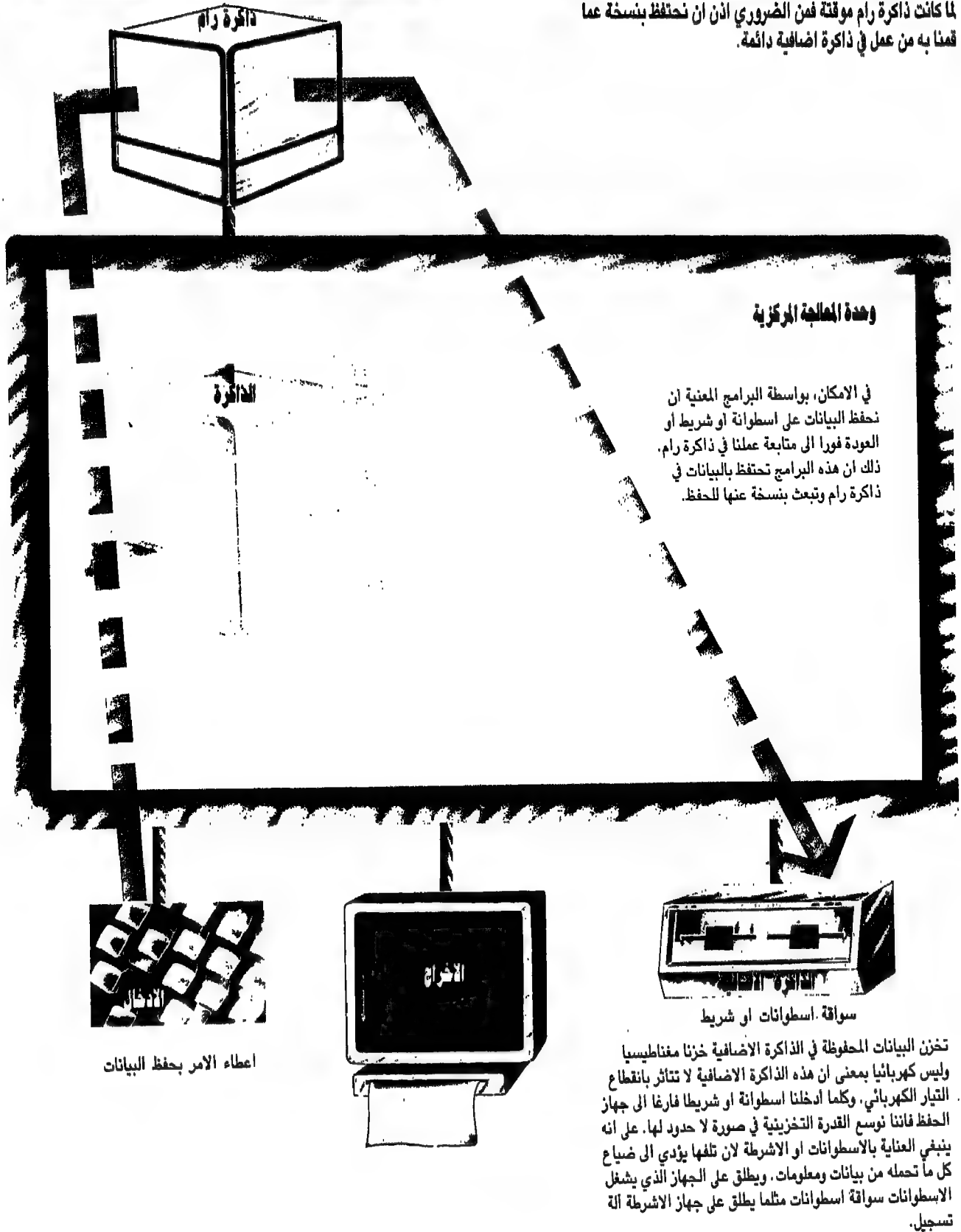
## ادخال البيانات

بعد ان يتم خزن البيانات في الذاكرة يتم ارسال نسخة من البيانات الى وحدة المعالجة المركزية ليتسنى للمشغل ان يراها على الشاشة.



## حفظ البيانات

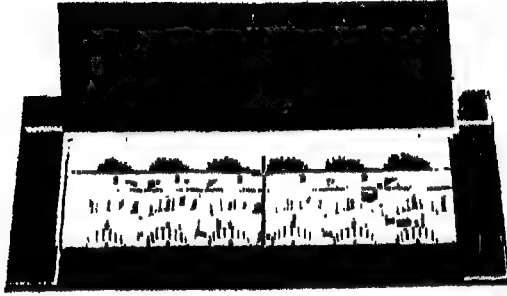
لما كانت ذاكرة رام مؤقتة فمن الضروري اذن ان نحفظ بنسخة عما قمنا به من عمل في ذاكرة اضافية دائمة.



## المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (٢)

حاسبة بسكال (Pascal's Calculating Machine)

(١٦٤٢)

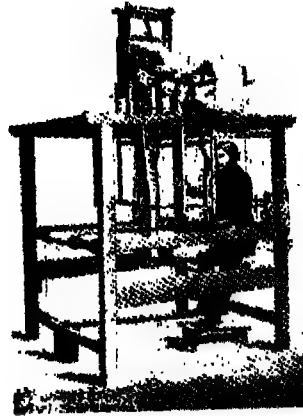


تعمل بمبدأ الدولاب واللسان. كل دولاب مرقم من صفر لغاية ٩ (كقرص الهاتف). تدوين الأرقام المطلوبة على الدولاب. وكل دولاب له قيمة عددية أي خانة. فهناك خانة للأحاد وأخرى للعشرات... حينما يدور قرص الأحاد ويتجاوز الرقم ٩ يدور دولاب العشرات سنا واحدة، بصورة تلقائية وهكذا دولابك ويتم الجمع بواسطة سلسلة عمليات يدوية تكرارية مضمّنة ومعقدة حينما يتعدى الأمر الجمع.

حاسبة لايبنتز (Leibnitz Calculating Machine)

(١٦٧٣)

امتازت على حاسبة بسكال بكونها كانت تقوم بعمليات الجمع والضرب والقسمة بسهولة وسرعة. تالفت من ثلاثة أجزاء كل واحد منها يختص بنوع من العمليات الحسابية. كما كانت تحوي، للمرة الأولى، قسما متحركا شبيها بأسطوانة الآلات الحاسبة والكتابة. كما زوّدت برافعة يدوية لجعل العمليات الحسابية المتكررة آلية تلقائية.



نول جاكارد (Jacquard Loom)

(١٨٠٤)

تمثل هذه الآلة بداية الأثر الكبير الذي خلفته الآلات غير الحسابية على ظهور الكمبيوتر. وآلة جاكارد نول يعمل أوتوماتيكيا ويتعامل خلال عمليات الحياكة مع رسومات بالغة التعقيد بمجرد ابدال شرائط مثقبة. تتحكم بكل قذفة من قذفات المكوك الحائك. وكان يكفي تبديل الشرائط لتغيير انماط الحياكة. ومن هذه الآلة أخذت فكرة البطاقات المثقبة التي استعملت في أوائل عهد الكمبيوتر.

آلة التفاضل (باباج) (Babbage's Difference Machine)

(١٨٢٢)

صممت لتقوم بعمليات الحساب والطباعة نقلا عن جداول رياضية معقدة. تعثر انتاجها ولم تتعد مراحلها الأولى. وكانت كل محاولة لصنعها تجر إلى سلسلة تعديلات وإعادة تصميم. وبعد عقد كامل من المحاولات توقف الدعم الحكومي المكلف وصرف النظر عن المشروع. تقني طباعي سويدي يدعى بيهر شوتز (Pehr Georg Scheutz) أطلع على التصميم واستطاع صنع جهاز معدل ناجح بتوجيه من باباج تم عرضه كأول آلة حاسبة طابعة في لندن عام ١٨٥٤.





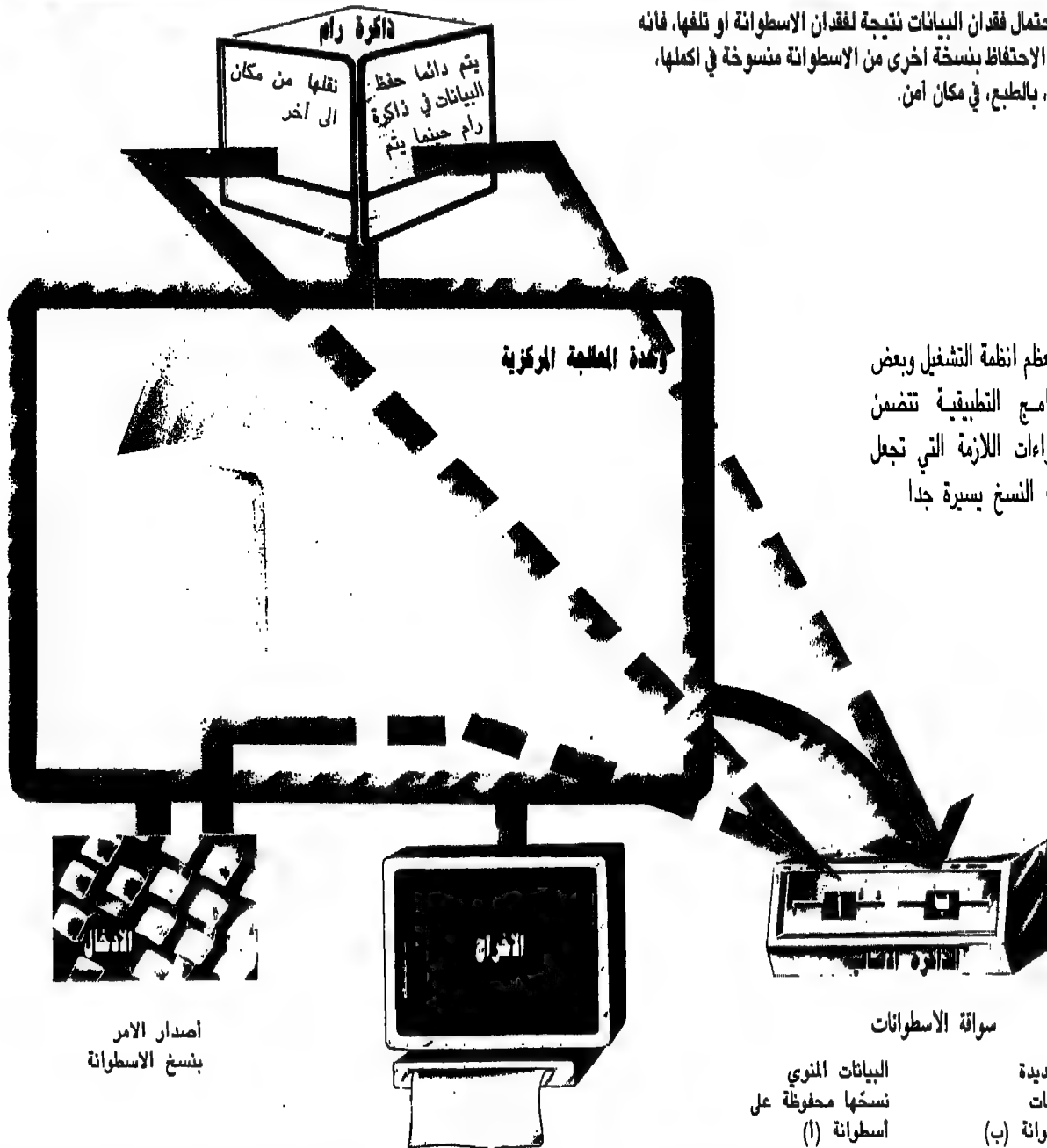
ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

بعد أن عَرَفْنَا بالكمبيوتر ومُكوّناته وتناولنا عَمَلَهُ ابتداءً من إدخال البيانات وحِفْظُهَا، نَعْرُض في هذا الفصل كَيْفِيَّةَ النُّسْخ والنَّقْل.

## نسخ البيانات من اسطوانة الى اسطوانة اخرى

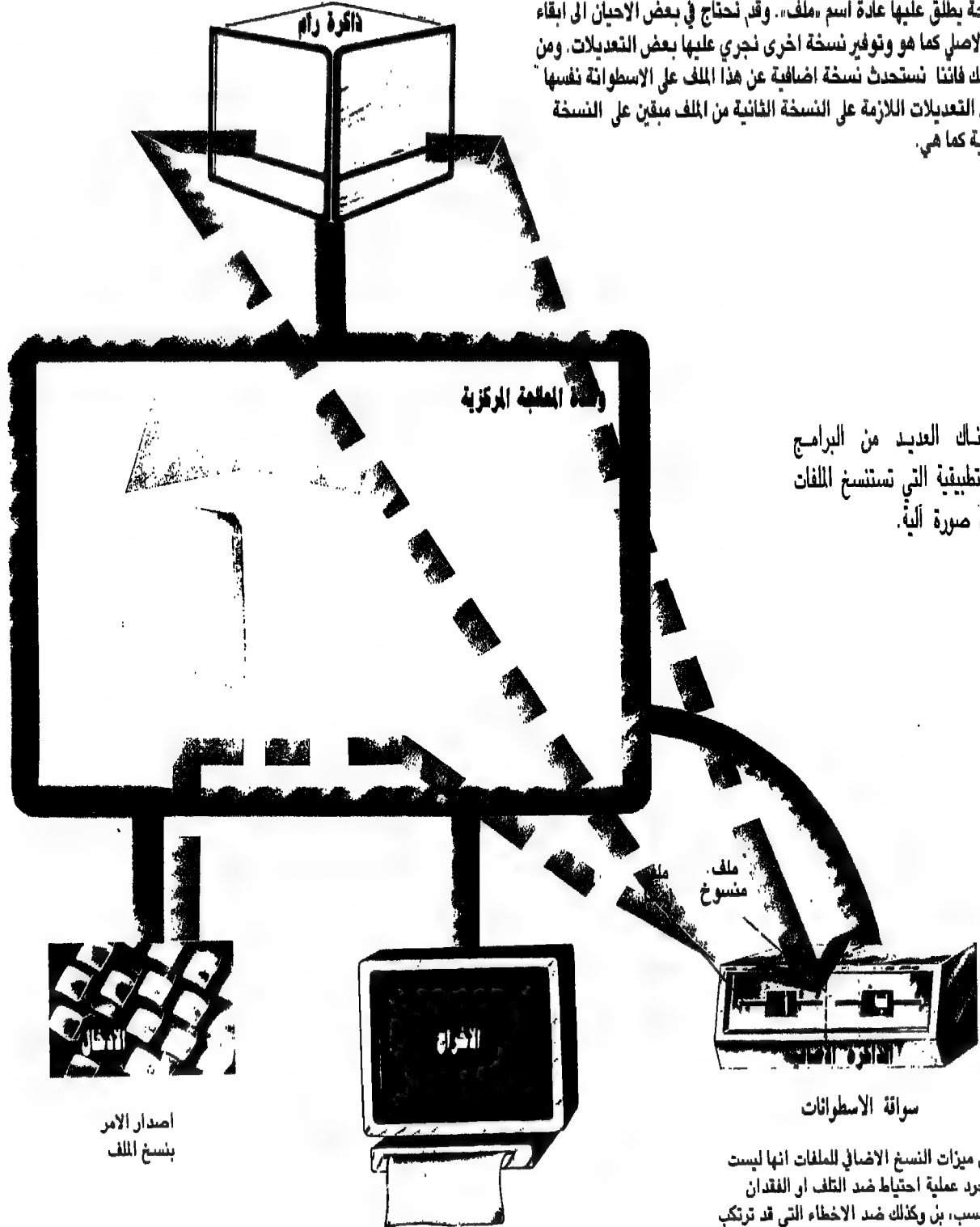
### الفصل الثالث

لما كان هناك احتمال فقدان البيانات نتيجة لفقدان الاسطوانة او تلفها، فانه من الضروري الاحتفاظ بنسخة اخرى من الاسطوانة منسوخة في اكملها، والاحتفاظ بها، بالطبع، في مكان امن.



## نسخ البيانات نسخ ملف بأكمله

في هذه المرحلة ينبغي ان نعلم ان البيانات المحفوظة على اسطوانة تكون مخزونة في فسحة يطلق عليها عادة اسم «ملف». وقد نحتاج في بعض الاحيان الى ابقاء ملفنا الاصلي كما هو وتوفير نسخة اخرى نجري عليها بعض التعديلات. ومن اجل ذلك فاننا نستحدث نسخة اضافية عن هذا الملف على الاسطوانة نفسها فندخل التعديلات اللازمة على النسخة الثانية من الملف مبقيين على النسخة الاصلية كما هي.

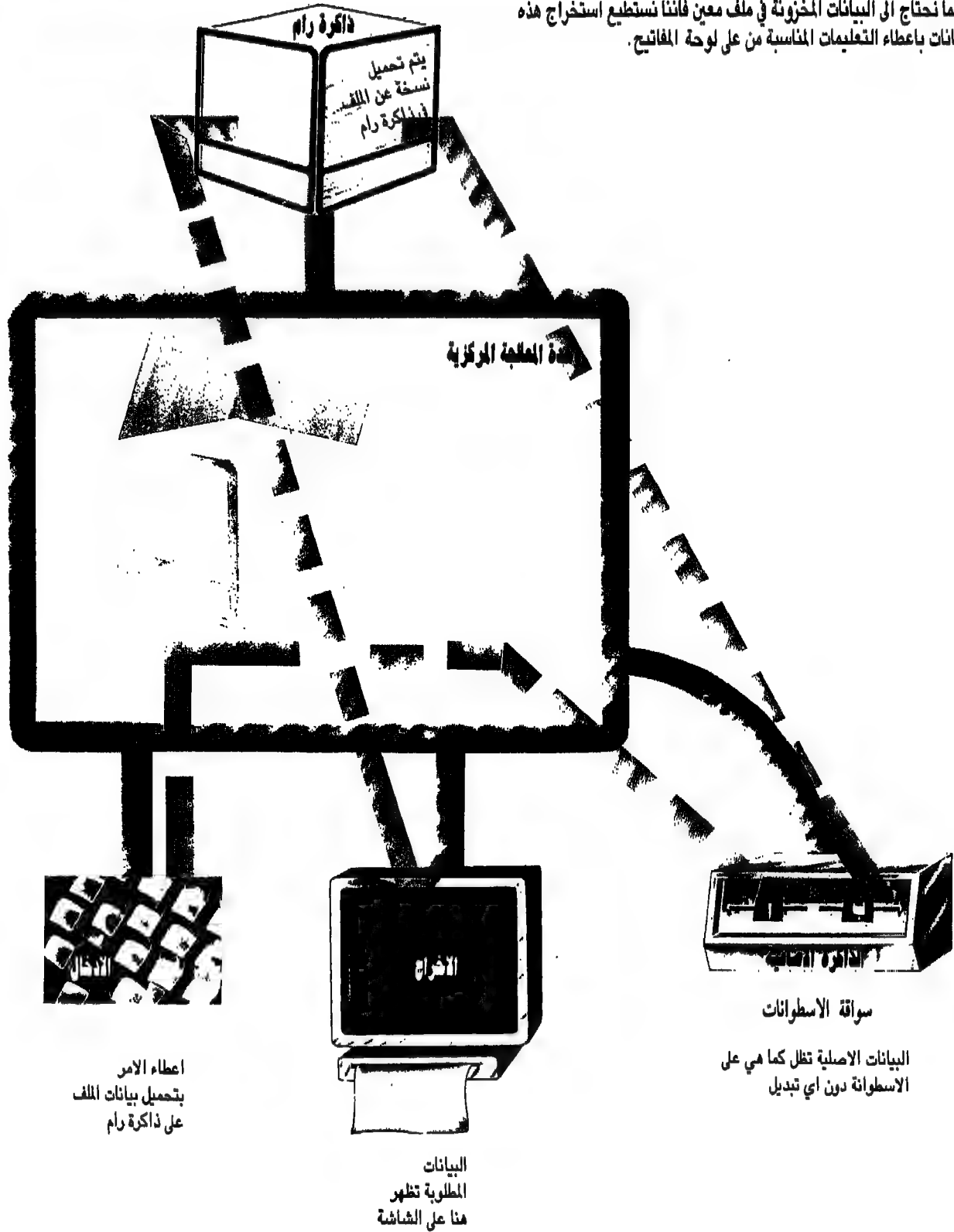


هناك العديد من البرامج التطبيقية التي تستنسخ الملفات في صورة آلي.

من ميزات النسخ الاضائي للملفات انها ليست مجرد عملية احتياط ضد التلف او الفقدان فحسب، بل وكذلك ضد الاخطاء التي قد ترتكب في خلال عملية ادخال التعديلات.

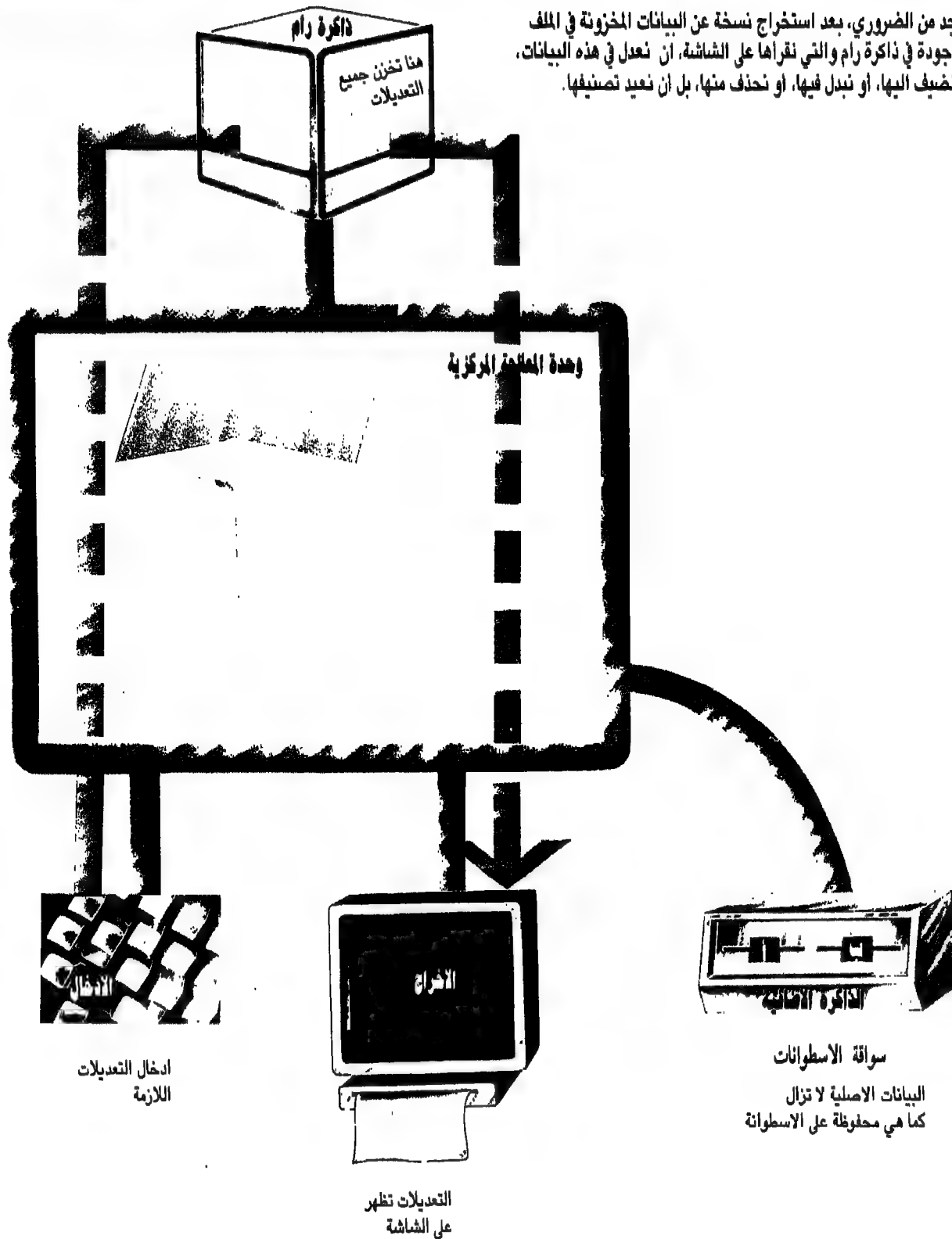
## استخراج البيانات المخزونة على الاسطوانة

حينما نحتاج الى البيانات المخزونة في ملف معين فاننا نستطيع استخراج هذه البيانات باعطاء التعليمات المناسبة من على لوحة المفاتيح.



## تعديل البيانات المستخرجة

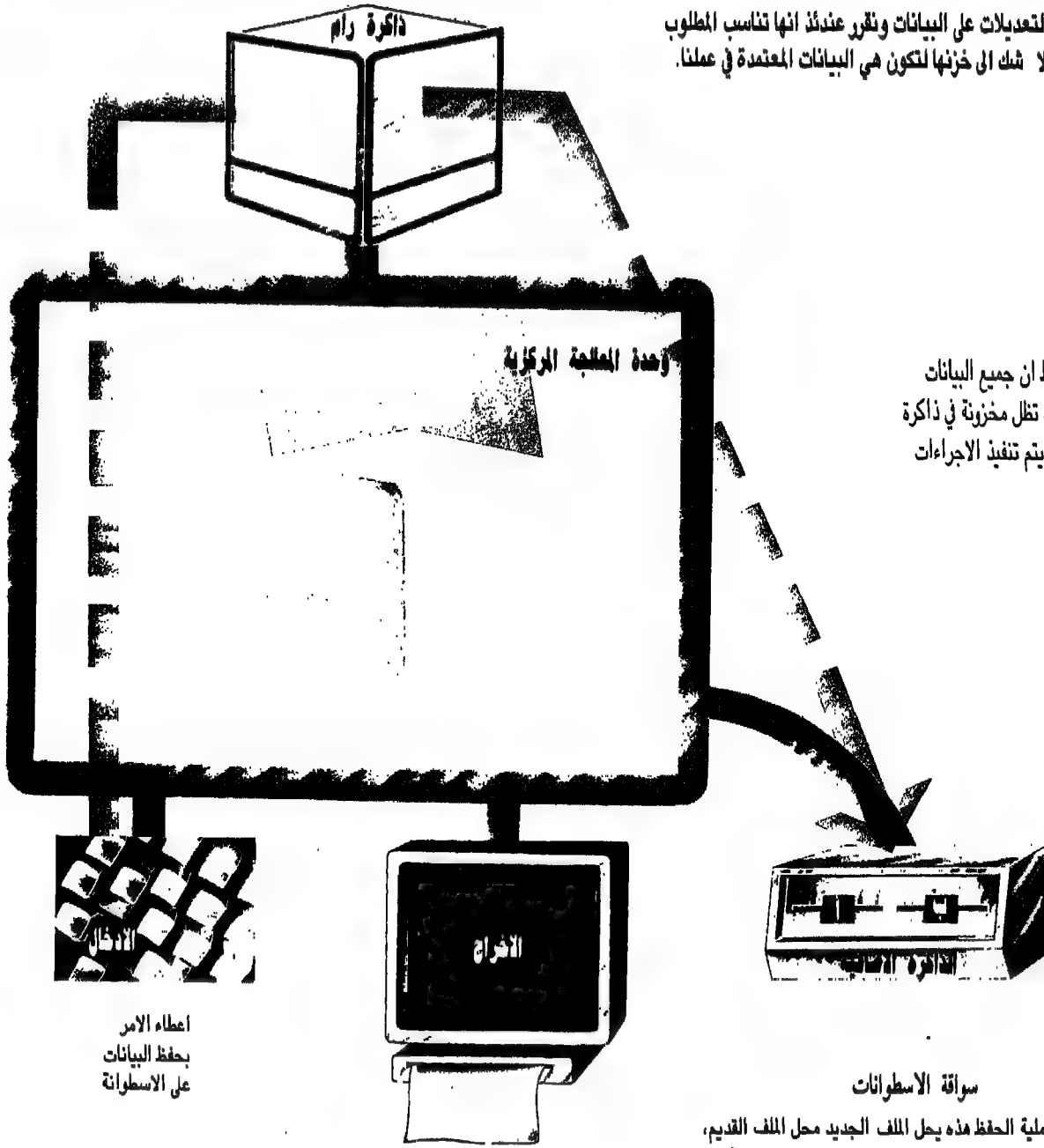
قد نجد من الضروري، بعد استخراج نسخة عن البيانات المخزنة في الملف والموجودة في ذاكرة رام والتي نقرأها على الشاشة، أن نعدل في هذه البيانات، كان نضيف إليها، أو نبدل فيها، أو نحذف منها، بل أن نعيد تصنيفها.





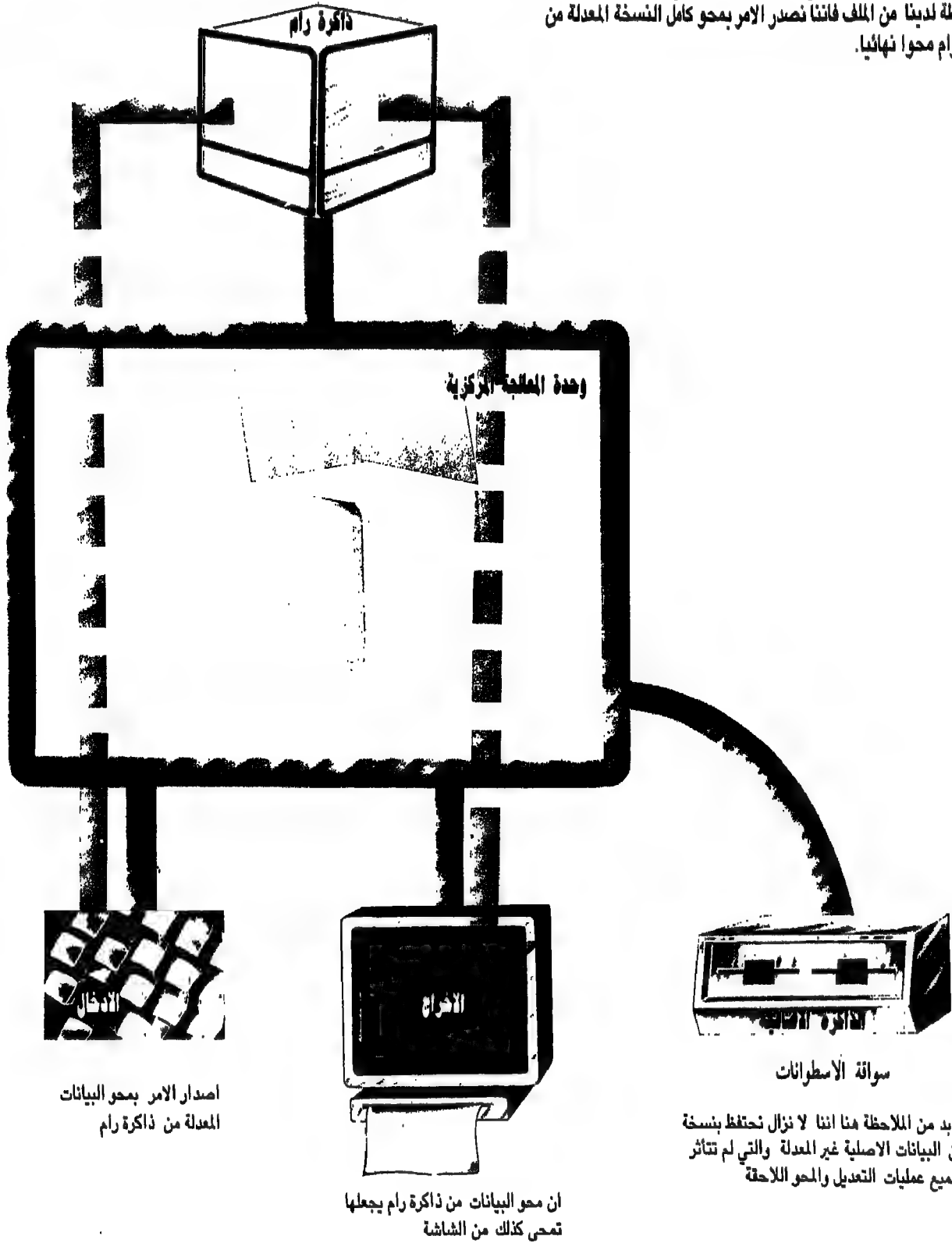
## حفظ البيانات المعدلة

بعد أن نجرى التعديلات على البيانات ونقرر عندئذ أنها تناسب المطلوب  
سوف نحتاج ولا شك إلى تخزينها لتكون هي البيانات المعتمدة في عملنا.



## تعديل البيانات دون حفظها

خلافًا للأمر وفي حال لم نرغب في حفظ التعديلات التي أجريناها على النسخة المحفوظة لدينا من الملف فإتينا نصدر الأمر بمحو كامل النسخة المعدلة من ذاكرة رام محو نهائيًا.



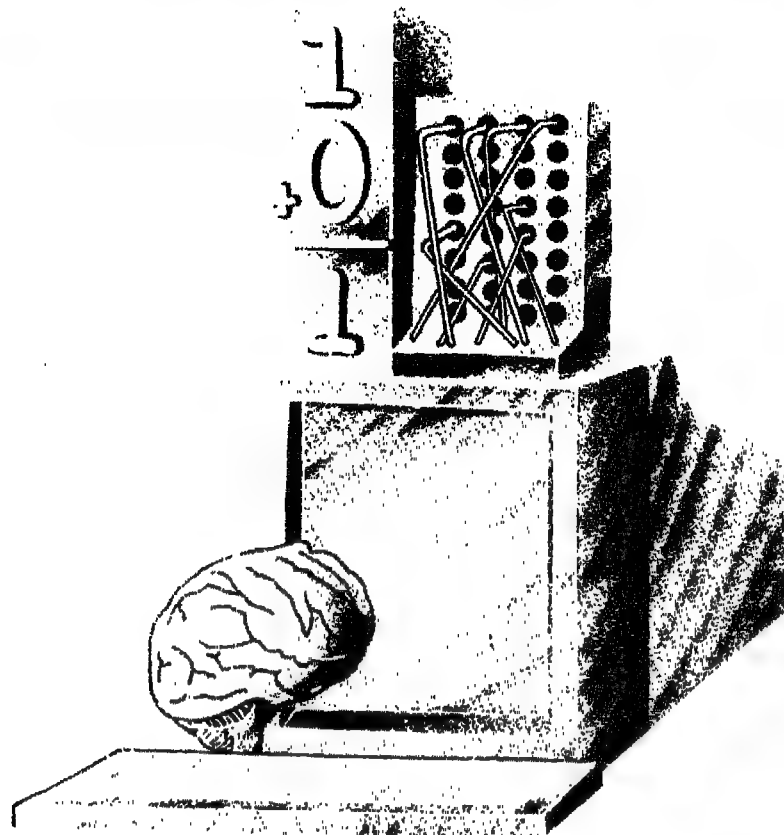


ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في الفصول الثلاثة الماضية عرضنا ما هو الكمبيوتر ومما يتألف وكيفية عمله وطريقة إدخال البيانات وحفظها وتعديلها. وقد أصبحنا جاهزين الآن للانتقال إلى محطة أخرى في فهمنا للكمبيوتر وهي لغات الكمبيوتر ابتداءً بالنظام الرقمي الثنائي والرموز الموضوعة للأحرف والأرقام وطريقة تحويلها تمهيداً لفهم لغات البرمجة. لكن قبل الانتقال إلى هذه المحطة الجديدة، فإننا سوف نعرض في فصلين جديدين نظرة أكثر عمقاً لمكونات الكمبيوتر وطريقة عمله. ورغم أننا نعتبر هذين الفصلين ضروريين وأن فهمهما ميسر بعد الفصول التمهيدية الأولى فإن التعمق فيها هو خيار حر وفي إمكان من شاء تجاوزهما بانتظار بلوغنا مرحلة اللغات التي يستعملها الكمبيوتر.

## مكونات الكمبيوتر

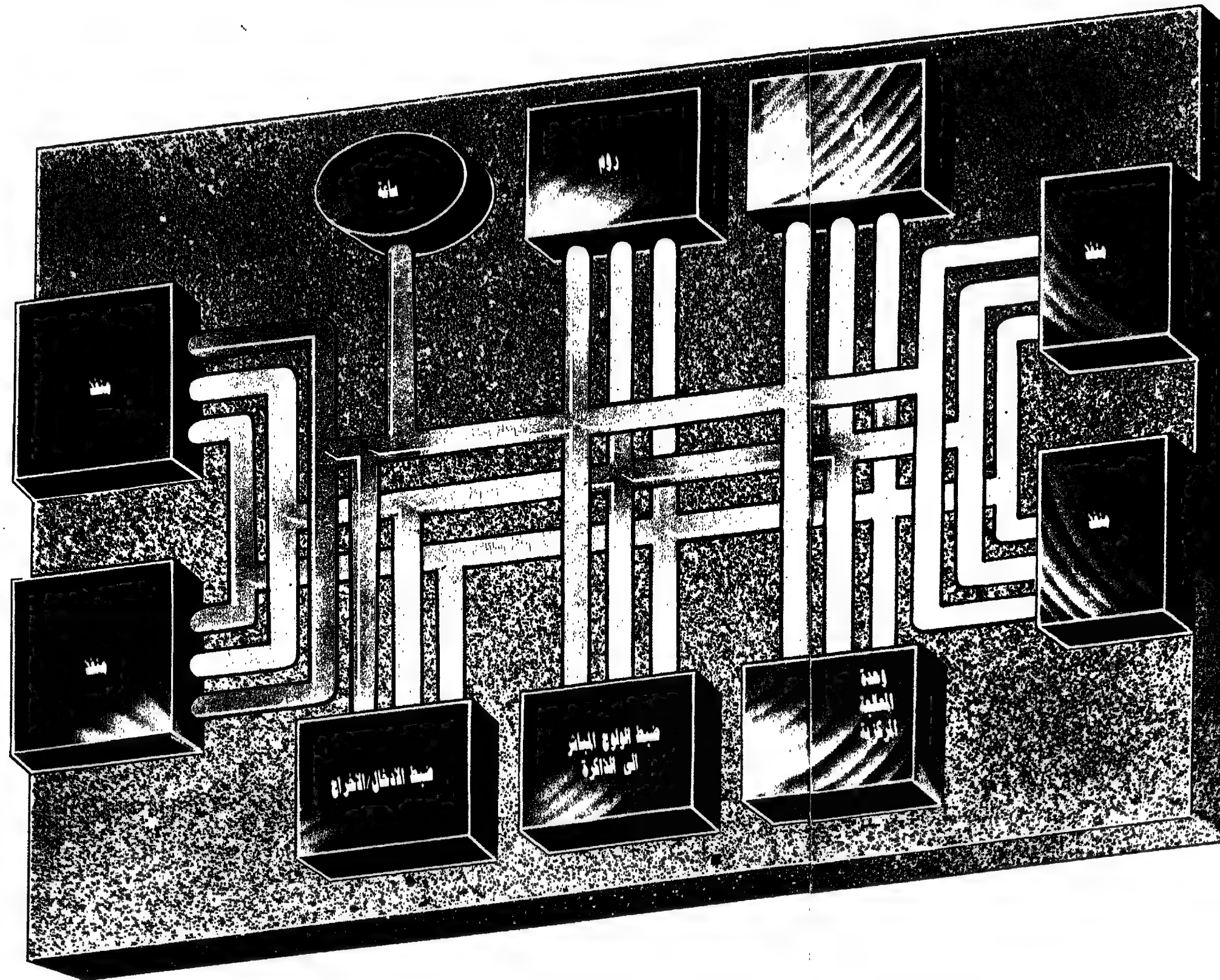
## الفصل الرابع



هناك جملة عناصر تدخل في تصميم جميع الكمبيوترات صغيرة كانت أم كبيرة، ومن دونها لا يستطيع الكمبيوتر أن يعمل أي لا يمكنه القيام بأعماله الأساسية. ومع أن هذه المكونات تختلف في الحجم بين جهاز وآخر فإن لكل منها وظيفة واحدة لا تتبدل بين جهاز وآخر.

العنصر الرئيسي في كل كمبيوتر هو وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit - CPU) التي هي بمثابة نواة الكمبيوتر بل دماغه والتي تتولى تنفيذ التعليمات وتوجيه حركة البيانات (Data) في خلال عملية المعالجة (Processing). تتولى هذه الوحدة تنسيق حركة المعلومات والقيام بالعمليات الحسابية والمنطقية الفعلية. وهي مصممة بحيث تستطيع أن تتعرف إلى مجموعة التعليمات المعينة التي تردها على شكل شيفرة الكترونية وتبلغها بما ينبغي عليها أن تقوم به من مهام محددة.

وتعتمد وحدة المعالجة المركزية على المعلومات والتعليمات المخزونة في نوعين من الذاكرة الكمبيوترية، وهما ذاكرة «روم» (Read - Only Memory - ROM) وذاكرة «رام» (Random Access Memory - RAM). الأولى تظل فيها محتوياتها في صورة



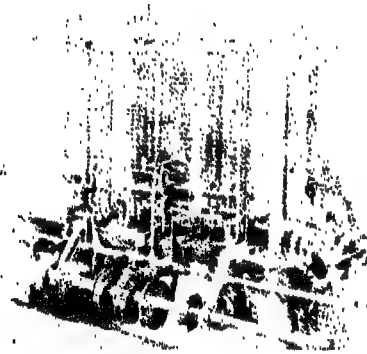
دائمة ويدون تبدل حتى عندما يتم توقيف الجهاز أي اطفأؤه. والثانية تتضمن معلومات يمكن تبديلها بحسب الطلب وتمحي من الذاكرة بمجرد اطفاء الجهاز. إضافة الى ذلك يتضمن الكمبيوتر ساعة (Clock). هذه الساعة مهمة توقيت العمليات الداخلية بواسطة نبضات تصدرها. كما يتضمن الكمبيوتر سككا (Buses)، وهي الدارات الالكترونية (Circuits) التي تربط مكونات الكمبيوتر بعضها ببعض الآخر مما يجعلها أشبه بسكة تنقل بواسطتها التعليمات والبيانات من مكان الى آخر داخل الكمبيوتر. كذلك يتضمن الكمبيوتر منافذ (Ports) للإدخال (Input) والإخراج (Output) والتي يتم عبرها دخول وخروج البيانات من وإلى الكمبيوتر.

على أن بعض الكمبيوترات تتضمن إضافة الى ذلك اداة تحكم (Control). الأولى تحكم وحدة الإدخال والإخراج (I/O Controller) وغالباً ما توجد في الكمبيوترات التي يستعملها أكثر من شخص في الوقت ذاته ومهمتها تخفيف الضغط عن وحدة المعالجة المركزية بأن تتولى العمليات الروتينية في مجال الإدخال والإخراج. والثانية وحدة تحكم الولوج المباشر للذاكرة (Direct Memory Access - DMA) ومهمتها أن تتجاوز عند اللزوم وحدة المعالجة المركزية وتأمين اتصالات مباشرة بين ذاكرة «رام» والأجهزة الطرفية. وهكذا فحينما ترد الى الكمبيوتر معلومات خارجية عبر منافذ الإدخال والإخراج فإنها تعبر السكك نحو وحدة المعالجة المركزية التي تختزن البيانات في ذاكرة «رام».

وقد تستخرج وحدة المعالجة المركزية هذه البيانات في وقت لاحق من أجل المعالجة وذلك استناداً الى التعليمات المحددة المخزونة في الذاكرة، كما ويمكن الاحتفاظ بنتائج المعالجة في الذاكرة أو إرسالها بواسطة منفذ الإخراج الى جهاز طرفي كذاكرة إضافية ليجري تخزينها، أو الى الطابعة لطباعة النتائج، أو الى جهاز آلي كالراديو لتملي عليه القيام بعمل معين، أي ان يعمل في ساعة معينة.

## الحواسيب الإلكترونية (٣)

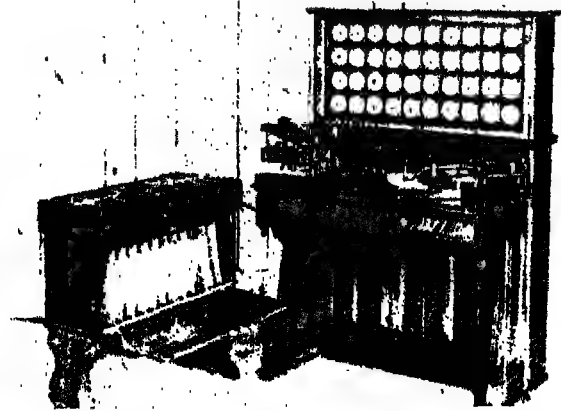
### الآلة التحليلية (باباج) (Babbage's Analytical Machine) (١٨٣٤).



لم يثن فشل باباج في صنع آلة التفاضلية عن تصميم آلة أخرى أكثر تعقيدا. كان الهدف من التصميم الجديد عدم الاقتصار على نوع واحد من العمليات الحسابية بل تعداه إلى تمكين الآلة من القيام بمهام عدة استنادا إلى تعليمات المشغل. وبذلك حملت هذه الآلة بذور الكمبيوتر المبرمج المتعدد المهام. لكن إمكانات ذلك العصر جعلت من المستحيل صنع الآلة. ويكفي أن حجمها كان سيصل إلى حجم قطار.

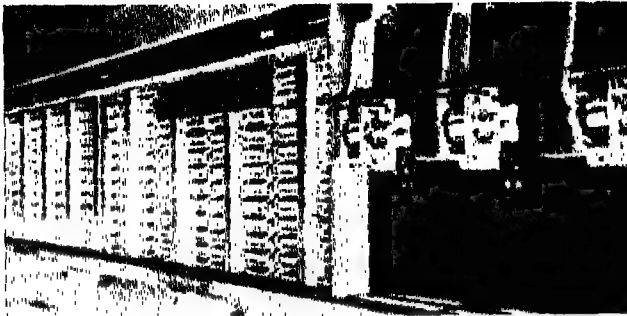
### مبويب هولاريت (Hollerith Tabulator) (١٨٩٠)

آلة حسابية تعمل بالبطاقات المثقوبة صممت ونفذت بنجاح واستخدمت في احصاء سكان الولايات المتحدة عام ١٨٩٠. كان قوام الآلة أبر معدنية تتبع الثقوب وتنفذ دارة كهربائية متصلة بسلسلة ساعات مرقمة تفيد كل منها إلى الرقم الذي سلكت الأبرة عبره.



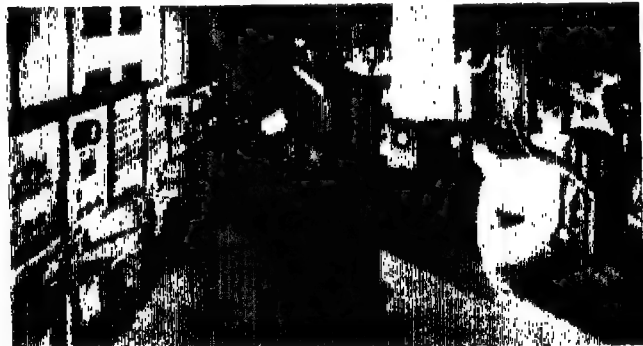
### حاسبة هارفارد «بارك ١» (Harvard Mark 1) (١٩٤٣)

صنعها هوارد ألكين (Howard Aiken)، من جامعة هارفارد، بالاشتراك مع شركة «آي. بي. إم» وهي تعمل بمبدأ البطاقات المثقوبة وتستطيع طباعة النتائج بواسطة آلة كاتبة حرارية. وكانت تقوم بالعمليات الحسابية الأربع من جمع وطرح وضرب وقسمة وكذلك تحليل الجداول الحسابية بسرعة ١٠ عمليات جمع في الثانية. ورغم أنها كانت آلة ميكانيكية حرارية فقد شكلت محطة رئيسية في تقريب موعد ظهور الكمبيوتر الإلكتروني. وقد بلغ طولها حوالي ١٥ مترا وارتفاعها ٢,٤ مترا.



### كمبيوتر انياك (ENIAC) (١٩٤٦)

أول كمبيوتر إلكتروني، صنعه برسير ايكيرت (Presper Eckert) وجون موكل (John Mauchly) من جامعة بنسلفانيا. وكان جهازا متعدد الأغراض قادرا على إنجاز ٥٠٠٠ عملية جمع في الثانية الواحدة وهي سرعة تعادل ألف ضعف سرعة الآلات الحاسبة الميكانيكية الحرارية المتوافرة في السوق آنذاك. وكان قوام الآلة ١٨,٠٠٠ أنبوب مفرغ متصلة بنصف مليون وصلة لحام وبلغت زنتها ٣٠ طنا واحتلت مساحة ٧ × ١٥ مترا مربعا.

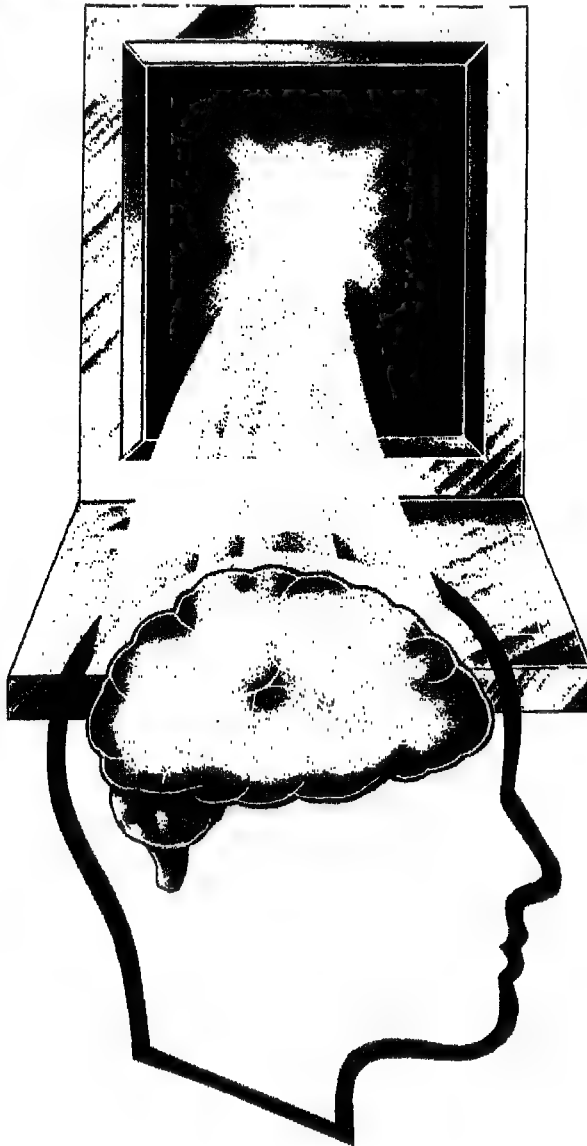




ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في عرض تذكيري للفصول الثلاثة الأولى الأساسية والتي تناولت ماهية الكمبيوتر ومكوناته وكيفية عمله، تناولنا في الفصل السابق مراجعة مُعمّقة لمكونات الكمبيوتر، ونتابع في هذا الفصل المُراجعة بعرض دور البرامج في إدارة الكمبيوتر وتجميع مُختلف مكوناته في نظام واحد مُبَيّن علاقة هذه المكونات بعضها ببعض.

## الفصل الخامس كيف تتولى البرامج زمام الامور؟



يشبه البعض العلاقة بين البرامج والمعدات في الكمبيوتر بأنها أشبه بالعلاقة بين الروح والجسد. فالمعدات لا تستطيع أن تؤدي مهامها ما لم يتوافر للكمبيوتر برنامج يتولى الزمام ويعمل عليها ما ينبغي أن تفعله.

وهي أي البرامج، تستطيع أن تقوم بذلك كونها مجموعة تعليمات وبيانات يتبعها الكمبيوتر لتنفيذ مهامه. وسواء أكان الكمبيوتر منزلياً شخصياً أم كبيراً في وكالة فضائية فدور البرامج فيه واحد لا يتبدل مع فارق واحد هو أن البرامج في الكمبيوتر المنزلي قد تصل إلى مئات الأسطر وقد لا تتعدى بضعة أسطر. في حين أنها في وكالة الفضاء ومن أجل تنظيم رحلة مكوكية قد تصل إلى ما لا يقل عن نصف مليون تعليمة مستقلة تتراوح مهمتها بين مراقبة وتنظيم عمليات المكوك ابتداءً باطلاقه والتحكم بطيرانه وانتهاءً بأنظمة الحياة فيه. والواقع أن كتابة مثل هذه البرامج المعقدة يمكن اعتبارها من عجائب العالم المعاصر بل هي انجاز يوازي بناء الأهرامات رغم أن مكونات العمارة في البرامج هي خطوات منطقية وليست لبنات حجرية.

وينقسم أداء الكمبيوتر إلى ثلاث مراحل: الإدخال (Input) والمعالجة (Processing) والإخراج (Output). بمعنى أننا ندخل إلى الكمبيوتر بيانات (Data) معينة، حيث تتم معالجتها في طريقة معينة للتوصل إلى نتائج معينة.

فأجهزة الإدخال كلوحات المفاتيح مثلاً، تتيح تلقين المعلومات والبرامج للكمبيوتر. وتحفظ ذاكرة الكمبيوتر الموقّعة «رام» بالمعلومات والبرامج في خلال عملية المعالجة، في حين أن أجهزة الإخراج تعرض النتائج. وفي بعض الحالات توجد أجهزة تخزين خارجية كالأسطوانة والاشربة تسمح لنا بأن نحفظ بالمعلومات مخزنة لفترات طويلة في صورة الكترونية وعلى هيئة ملفات. وتمتاز هذه الأجهزة بأنها تجمع بين مهام أجهزة الإدخال والإخراج معاً، ذلك أن الكمبيوتر يستطيع أن ينسخ المعلومات المحفوظة على الأسطوانة وينقلها إلى الذاكرة الموقّعة لاتمام عملية المعالجة ومن ثم ينقل، من جديد، نتائج المعالجة على الأسطوانة أو الشريط لاعادة حفظها.

وتتألف البرامج عادة من مجموعة متتالية من هذه الشيفرات. وحينما نتولى تسيير البرنامج نقوم وحدة المعالجة المركزية بتنفيذ هذه التعليمات الواحدة تلو الأخرى في سرعة فائقة.

بعض البرامج الأساسية يخزن ضمناً في صورة دائمة في ذاكرة «روم» التي لا يمكن محوها أو الكتابة عليها. وحينما ندير الكمبيوتر تقوم



## البنية الكمبيوترية: دورة عمل كاملة

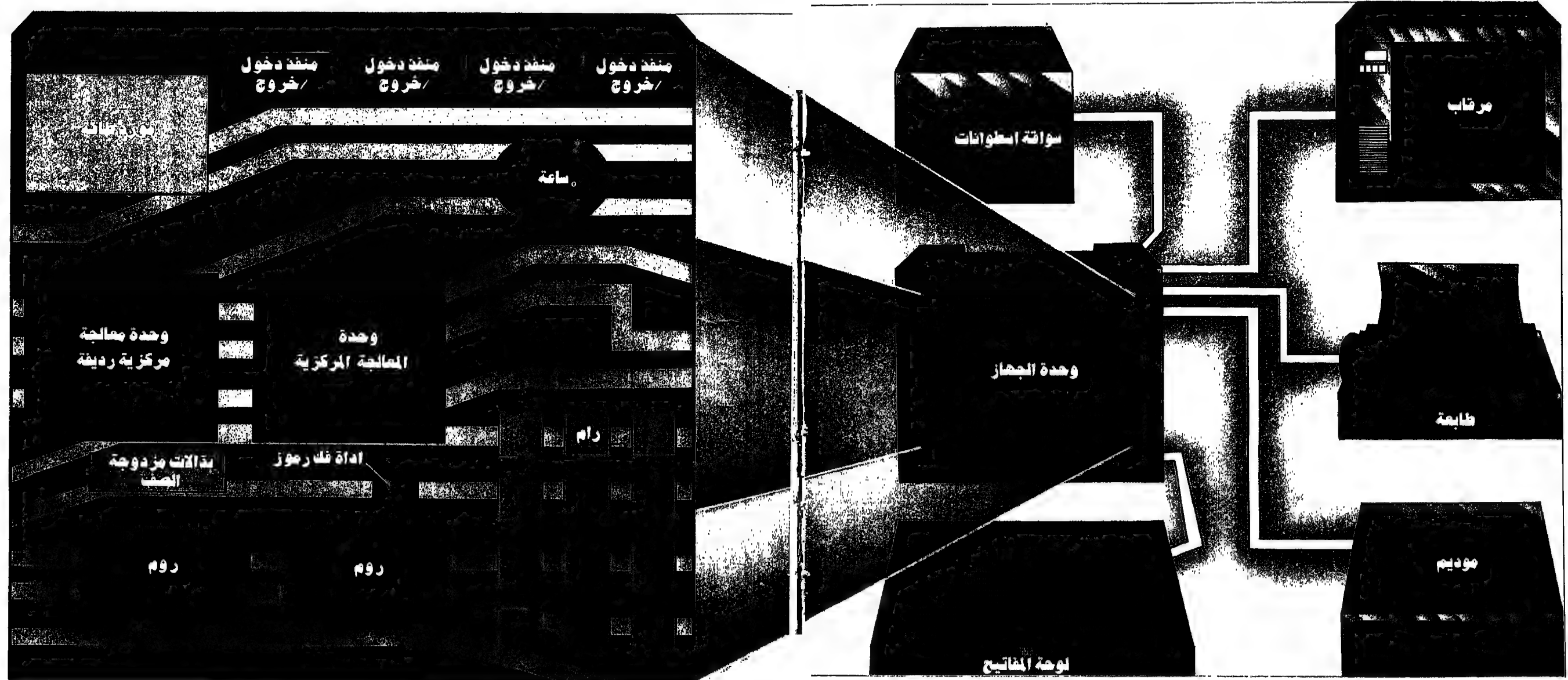
الرسم التخطيطي المرفق مع هذا النص يعطي فكرة واضحة عن دوائر الكمبيوتر الشخصي ومكوناته وعملياته. وأيا كان نوع الآلة وطرازها واسم الشركة المصنعة لها فهي واحدة من حيث التصميم والتكوين. والعمليات التي تجري فيها تتم وفق ما هو مبين في هذا الرسم. فهناك لوحة المفاتيح لادخال البيانات أو التعليمات، والمراقب الفيديوي (الشاشة) والطابعة وهما الوسيلتان النموذجيتان للاستحصال على

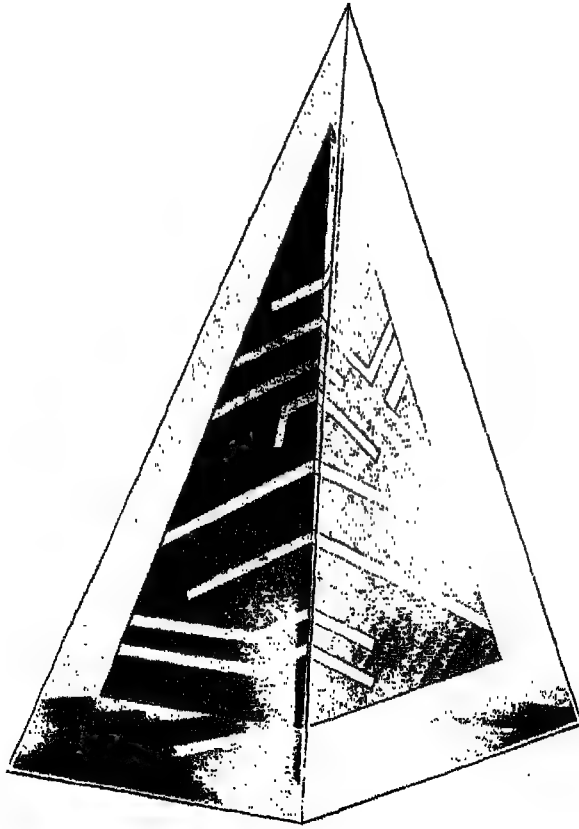
المعلومات. كما وأن معظم الأجهزة تحتاج الى ما يماثل سواقة اسطوانات، أي وسيلة للحصول على تسجيلات دائمة أو لتشغيل برامج إضافية. وفي كثير من الأحيان نحتاج الى جهاز موديم يسمح بإرسال المعلومات وتلقيها عبر خطوط الهاتف. وجميع هذه الأجهزة يتم ربطها بالجهاز الأساسي للنظام الكمبيوتر والذي بدوره، يحتوي على مكونات الكمبيوتر الإلكترونية والمبنية على لوحة الجهاز كما هي مضمخة

مختلف الدارات الإلكترونية في الكمبيوتر. فحينما ندير الجهاز تتأثر قطع الكريستال المحددة أطرافها في دقة بالتيار الكهربائي فيتشوه شكلها أو تأخذ بالارتجاج وبمعدل ثابت يصل أحيانا الى ملايين المرات في الثانية الواحدة. عندها ومع كل اهتزاز يبيت الكريستال نبضة كهربائية ذات شدة كهربائية معينة (أي بقولت معين). هذه النبضات المنتظمة تتحكم بوتيرة العمل في الكمبيوتر وتضمن انتظام الدارات الكهربائية وعدم تخطيها الحدود المرسومة لها. على أن لبعض الساعات أكثر من نمط واحد من النبضات الكهربائية وهي معدة بهذا الشكل من أجل تنظيم عمل بعض

الأقسام التي تتطلب سرعات متفاوتة عن غيرها. أما المنافذ التي يتم عبرها ادخال واخراج البيانات من الكمبيوتر فتقع بدورها على لوحة الجهاز وكذلك الأمر بالنسبة الى ذاكرتي روم ورام. الى جانب ذلك تتضمن لوحة الجهاز عنصرًا رئيسيًا آخر هو مصدر طاقة كهربائية يتم بواسطته تحويل التيار المتناوب الى تيار دائم مستمر. وتحتفظ شرائح الذاكرة بالمعلومات على صورة أرقام ثنائية هي البتات، والمرمزة على شكل شحنات كهربائية. ويتم حفظ هذه الشحنات في أماكن معينة، أو عناوين،

من كل شريحة، وعلى هيئة أرقام ثنائية أيضا. وتخرج التعليمات من وحدة المعالجة المركزية على صورة شحنات كهربائية مرمزة لتبحث عن عناوين معينة. وحينما يتم العثور على المعلومات تعود بدورها كرموز كهربائية، الى وحدة المعالجة المركزية لمعالجتها. وتعتبر الرموز العنوانية على أسلاك متوازية يطلق عليها «سكك عنونة»، في حين تعبر المعلومات على «سكك بيانات»، وتتولى كل من أداة فك الرموز (DIP Switches) حل رموز العناوين وتوجيه النبضات الكهربائية الى وجهات سيرها.





عملية الإدخال على شاشة الكمبيوتر. وتتبدل الشاشة في صورة سريعة كلما قام البرنامج بتنفيذ جزء من مهامه متيحاً مجالاً سريعاً للتفاعل بين المستخدم والجهاز. وتتولى الطابعة (Printer) إصدار نسخة ورقية مادية للعمل المعالج. كما وتستطيع بعض الكمبيوترات عرض النتائج صوتياً بواسطة صوت اصطناعي أو بإشارات إلكترونية معدة خصيصاً للروبوتات أو الأقمار الاصطناعية والصواريخ وسفن الفضاء.

البرامج الضمنية هذه بتلقين وحدة المعالجة المركزية بالتعليمات الأولية اللازمة للانطلاق، كما وتفيد بها بكيفية عثورها على نظام التشغيل (Operating System) الكائن على أسطوانة أو شريط ونقله إلى الذاكرة المؤقتة لاستعماله للمعالجة. وابتداءً من هذه اللحظة يتولى نظام التشغيل زمام الأمر في الكمبيوتر ويرسم لمشغل الكمبيوتر سلسلة الأوامر التي يحتاج إليها والتي يستجيب لها الكمبيوتر والتي تتبع للمشغل أن يتحكم بسير عمل الجهاز.

الإدخال: إن لوحة المفاتيح من أكثر الأجهزة شيوعاً على صعيد إدخال المعلومات والتواصل مع الكمبيوتر. فالبرنامج الذي يسير الآلة يستطيع أن يتعرف إلى التعليمات التي تلقيها للكمبيوتر والتي تكون عبارة على ضربات معينة على مفاتيح اللوحة معتبراً إياها أما معلومات يتصرف بموجبها أو بيانات ينبغي معالجتها. ويمكن إدخال البرامج البسيطة بواسطة لوحة المفاتيح. على أن البرامج الطويلة والمعقدة تلقن لذاكرة الكمبيوتر بواسطة سواقة أسطوانات تقوم بنقل المعلومات المخزنة عليها إلى الآلة. وتعد هذه الأسطوانات على شكل خطوط دائرية تمكّنها من الاحتفاظ بما يسجل عليها من بيانات أو معلومات، على شكل اشارات ممغنطة يستطيع الكمبيوتر قراءتها.

المعالجة: تتولى وحدة التحكم التي تتضمنها وحدة المعالجة المركزية توجيه خط سير العمليات، في حين تقوم الوحدة الحسابية المنطقية (Arithmetic Logic Unit) بأجراء الحسابات والعمليات المنطقية اللازمة. وحينما يكون الجهاز دائراً والبرنامج ناشطاً في الكمبيوتر، يستقر البرنامج في الذاكرة المؤقتة (رام) كي تتمكن وحدة المعالجة المركزية من جلب التعليمات في صورة متتالية واحدة تلو الأخرى. أما البرامج المستقرة في صورة دائمة في ذاكرة روم فهي تؤمن الأوامر اللازمة لإدارة الجهاز وتشغيله وكذلك التعليمات اللازمة لتأمين الاتصالات اللازمة مع أجهزة الإدخال والإخراج. وكثيراً ما تزود ذاكرة روم بأحدى لغات البرمجة (مثل لغة البيسيك (Basic) والتي تنتج للممثل البرمجة المستقلة وكذلك القيام ببعض المهام كمعالجة الكلمات (Word Processing) وتحرير النصوص (Text Editing).

الإخراج: تتبع وحدة العرض المرئي أي الشاشة أو الرقاب (Video Monitor) رؤية نتائج العمليات التي تمت معالجتها في صورة تصويرية. ويقوم الكمبيوتر عادة بعرض ما تم إدخاله من تعليمات أو معلومات بواسطة لوحة المفاتيح بالإضافة إلى ردوده هو على





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في ختام معالجتنا لمكونات الكمبيوتر نعرض للشريحة التي تُشكل الأساس الحقيقي للكمبيوتر. فما هي الشريحة وعلى ماذا تحتوي وبِمِ تَتكوّن وكيف تُصنّع؟

الفصل السادس الشريحة... اعجاز في التصفير

صبة نقيه من  
كريستال السيليكون،  
ان صبة واحدة  
طولها قدمين  
وقطرها ست بوصات  
تتفي لصنع أكثر  
من مليون شريحة.  
ورغم ان السيليكون  
ذو لون رمادي  
يأخذ فلان سطحه  
الزجاجي الاملس  
يعكس انزلاق الخلفية



البنات فان بعض كمبيوترات اليوم تستطيع ان تخزن ملايين البنات ، اى دائرة معارف بالكلها .

ويستقر كل بت في خلية ذاكرة. بمعنى أنه إذا كانت الشريحة تحتوي مثلاً على ٢٥٦ كيلوبتا (كل كيلو = ١٠٢٤ في النظام الرقمي الثنائي) أي مضمومة بالقوة (١٠) فمعنى ذلك أنها قادرة على تخزين ٢٦٢١٤٤ بتاً أي ٣٢٧٦٨ حرفاً أوروبياً.

وبوجود وحدة فك الترميز في وسط الشريحة فإن هذه الوحدة قادرة على قراءة مضمون الخلايا عموديا وأفقيا، وعندما تطلب وحدة المعالجة المركزية من الشريحة استدعاء معلومات معينة منها فإن أداة فك الرموز تستطيع القيام بذلك في خلال فترة لا تتجاوز جزءا من مليون من الثانية.

شريحة الكمبيوتر رقاقة صغيرة مصنوعة من بلور السيليكون (Silicon) لا يزيد حجمها عن ظفر اليد وأحيانا أصغر ولا تزيد سماكتها عن نصف ملمتر وتتضمن الوف الدارات الالكترونية الفائقة الصغر والمدمجة (Integrated Circuit) والتي، لا ترى، بالعين المجردة.

والسيليكون مادة موجودة بكثرة في القشرة الأرضية ومن مميزاتهما، إذا ما عولجت ببعض المواد كالفسفور، تصبح صالحة لنقل الكهرباء دون أن ترتفع حرارتها، مما يؤهلها لتكون الخلفية التي تصنع منها الشرائح. أما سرعة نقل الكهرباء في الشريحة فهي نصف سرعة الضوء لذلك يطلق عليها «نصف ناقلة» (Semiconductor).

يؤخذ السيليكون الى مختبرات تامة النقاء وينقى مما يحتويه من رمل، ثم يدب وتصنع منه «صبة» (Ingot) نقية بنسبة ٩٩,٩٩٩٩٩٩٩٩. فان بقاء حبة رمل واحدة في الشريحة يعرضها للتلف. بعدها تقطع الصبة الى رقائق (Wafers) بواسطة اشعة الليزر او بمشمار ماسي، ومن ثم تغمس الرقائق في المواد التي تجعلها ناقلة للكهرباء. بعد ذلك كله تخضع الشرائح لعملية تدقيق صارمة لاختبار الصالح ورمي الفاسد. وحينما يتم وضع الدارات المدمجة على الرقاقة تصبح شريحة (Chip).

وتتضمن كل شريحة مئات الالوف من الدارات في صورة مكثظة ومكثفة. وكل دائرة تحوي ثلاثة عناصر هامة وهي: مقاوم (Resistor) يقاوم سرعان الكهرباء، ومكثف (Capacitor) يخزن الشحنات الكهربائية ويكثفها، واخيرا والاهم، الترانزستور (Transistor)، الذي يستطيع تضخيم شدة التيار وتشغيله او إيقافه مما يؤهل الشريحة لفهم لغة الكمبيوتر الرقمية الثنائية، هذه العناصر الثلاثة تشكل ما يطلق عليه اسم خلية ذاكرة (MemoryCell).

وكانت الكمبيوترات في اوائل عهدها تعتمد على دارات كهربائية على شكل انابيب مفرغة، (Vaccum Tubes) ثم اعتمدت على الترانزستورات واخيرا الدارات المدمجة او الشرائح، الامر الذي جعل الالكترونيات اقل كلفة واصغر حجما بالاضافة الى كونها متعددة المنافع واكثر وثوقا. وحينما امكن صنع وحدة معالجة مركزية صغيرة، بفضل الشرائح، حصل التطور الهام بظهور الكمبيوتر الشخصي الذي وضع الكمبيوتر في متناول كل شخص وبسرعة فريد. وفي حين لم تكن ذاكرة الكمبيوتر تنقسم في اوائل الخمسينات لعدة الاف من

## كيف يبدو الكمبيوتر على الشريحة

لا تجتمع عادة جميع مكونات الكمبيوتر في شريحة واحدة بل تتوزع على عدة شرائح، حيث لكل شريحة وظيفتها المحددة. فالكمبيوتر المنزلي، على سبيل المثال، يتضمن ما لا يقل عن نصف دزينة شرائح، في حين أن حاسبة الجيب تجمع جميع الوظائف على شريحة واحدة. عندها تصبح هذه الشريحة أشبه بكمبيوتر كامل على شريحة. مثل هذه الشرائح الكلية تستعمل كذلك في أجهزة الهاتف والسيارات وبعض التطبيقات المنزلية والألعاب.

### الشرائح الكلية

إن هذه الشريحة الصغيرة (الصورة) هي نسخة حديثة لشريحة TM 1000 التي طورتها شركة «تكساس إنسترومنتس» في النصف الأول من السبعينات ولها أهمية تاريخية، إذ إنها أول شريحة تجمع جميع العناصر الأساسية للكمبيوتر. وكانت تباع آنذاك بسعر لا يتعدى ٦ دولارات. وقد جاء تصنيعها ليوسع من أفق استعمال الميكروالكترونيات ولتشمل بالتالي واجهات السيارات والتطبيقات المنزلية والهاتف وغير ذلك. والنموذج الذي نحن في صددده هو لحاسبة جيب لا يتعدى حجمه ٤ في المائة من بوصة مربعة مغطاة بغشاء بلاستيكي واق (رفع قليلا في الصورة لكشف رجه الشريحة) ومحاطة

باطار عنكبوتي الشكل مكون من موصلات معدنية لنقل الاشارات الكهربائية من الشريحة واليها. ويتصل الاطار بصفين من الاوتاد المعدنية التي تستعمل لتثبيت الشريحة في موقعها داخل الجهاز. وتضم هذه الشريحة:

١ - ذاكرة «روم» وتتضمن ١٠٢٤ بتا (كل ثمانية بتات تشكل حرفا اوركما في لغة الكمبيوتر الرقمية الثنائية، وكلمة Bit من Binary Digit اي الرقم الثنائي) هذه الذاكرة هي عبارة عن تعليمات مخزونة في صفة دائمة في الشريحة وتقليد لتشغيل الحاسبة.

٢ - ذاكرة «رام» وهي قادرة على خزن ٢٥٦ بايت بيانات تعتبر كافية لعمل الحاسبة.

٣ - ضابط مفكك الرموز (Control Decoder) مهمته فك رموز التعليمات المخزونة في ذاكرة «روم» وترجمتها الى خطوات مفصلة لتكون مفهومة لدى الوحدة الحسابية المنطقية.

٤ - وحدة حسابية منطقية تقوم بالعمليات الحسابية الفعلية. واداة فك الترميز والوحدة الحسابية المنطقية هما في الواقع وحدة المعالجة المركزية.

٥ - ساعة تصل الشريحة بقطعة من الكريستال المصنوع من الكوارتز، تنظم عند اهتزازها عمليات الشريحة في صورة منسقة.

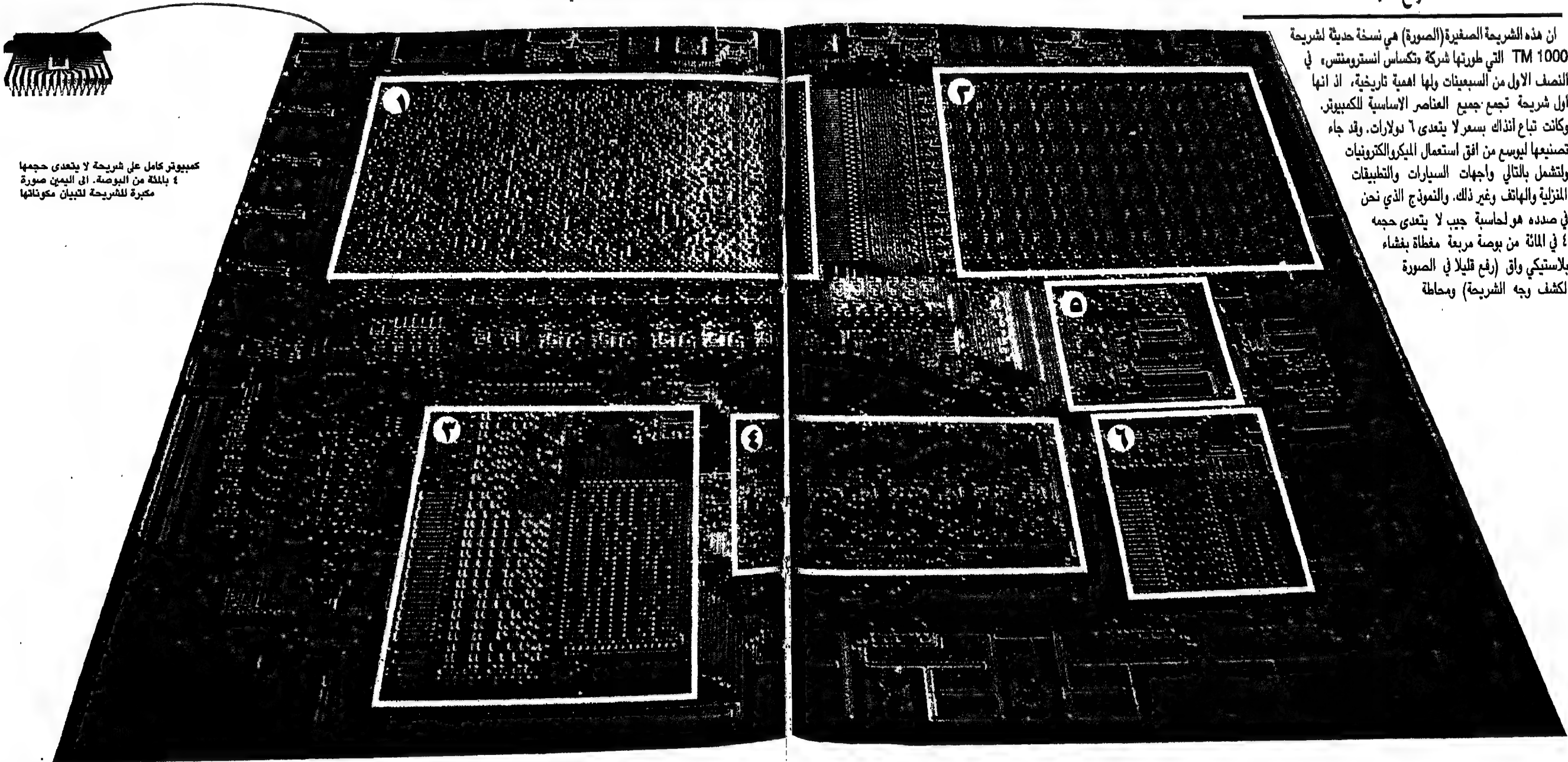
٦ - وحدة الادخال الاخراج والتي تتولى الاتصالات بالاجهزة الموجودة في

الجزء الخارجي من الحاسبة كلوحة المفاتيح وشاشة العرض المكونة من الكريستال السائل.

### شرائح الكمبيوتر المنزلي

إن الحد الأدنى من الشرائح الاساسية في كمبيوتر منزلي لا يقل عن ست، وهي:

\* شريحة الساعة (Clock Chip) تراقب النبضات المنتظمة الصادرة عن قطعة كريستال والتي تُهَيِّج كهربائيا، فتبث في دورها نبضات تؤدي الى توقيت ملايين العمليات الكمبيوترية التي لا تتعدى الواحدة منها بضعة اجزاء من الثانية.



كمبيوتر كامل على شريحة لا يتعدى حجمها ٤ بلملة من البوصة. ان اليمين صورة مكبرة للشريحة لتبين مكوناتها

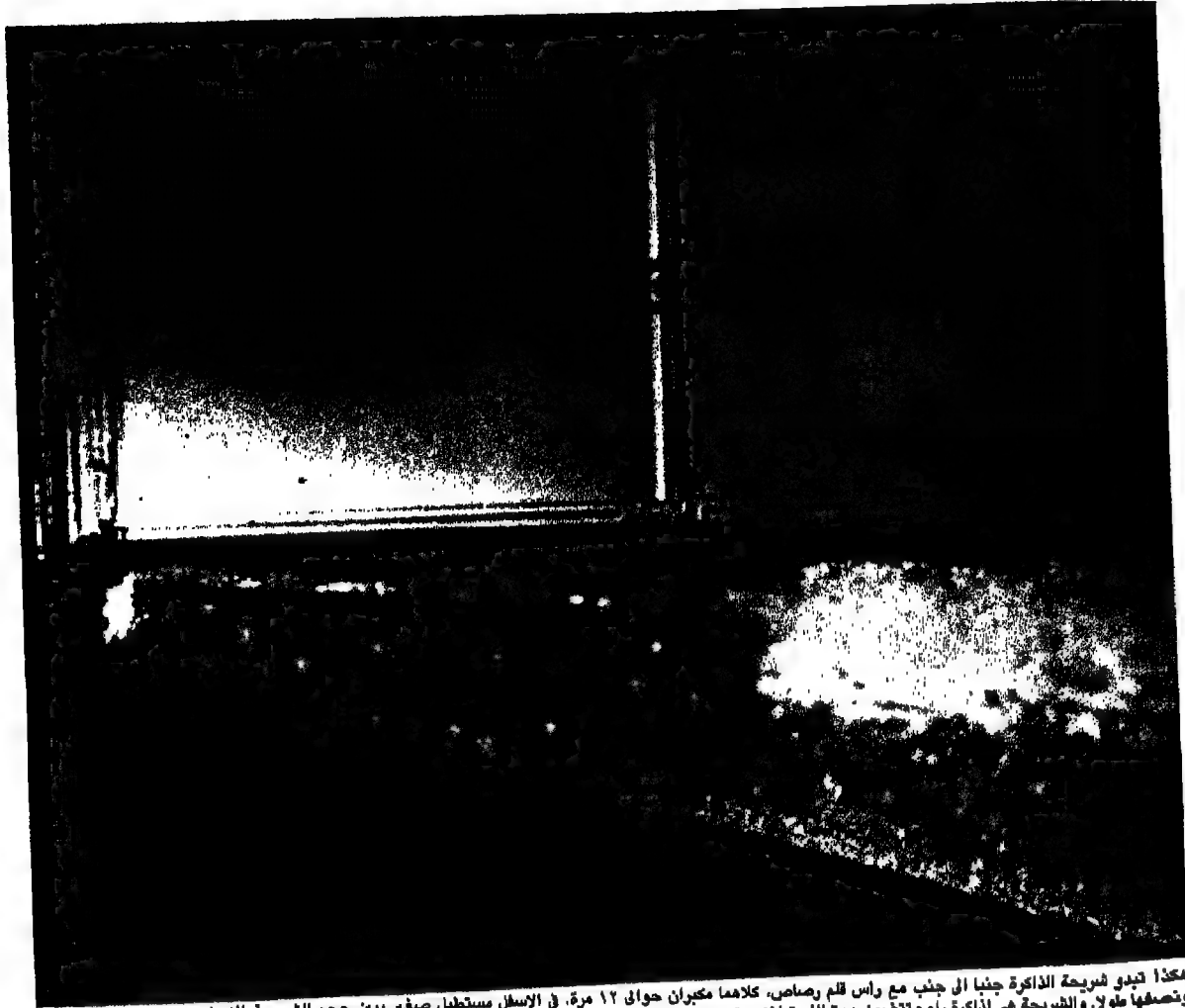
\* شرائح روم ROM Chips ذاكرة قراءة فقط، وتحفظ بالتعليمات اللازمة لعمل المعالج المصغر في صورة دائمة. ولما كانت هذه الذاكرة مطبوعة على الشرائح عند تصنيعها فإنه لا يمكن قراءتها الا بواسطة شريحة المعالج المصغر كما لا يمكن تبديلها ولذلك يطلق عليها ذاكرة قراءة فقط.

\* شرائح ابيروم Erasable Programmable — Read — Only Memory — EPROM Chips وهي شرائح قراءة فقط لكنها قابلة لاعادة البرمجة مما يوفر طرقا عدة لتحديث أو تغيير التعليمات المخزنة أصلا في شريحة «روم» الدائمة. ويجري التغيير تقنيا اما بواسطة اشارات كهربائية أو بالاشعاع ما فوق البنفسجي.

\* شرائح رام RAM Chips وهي خلافا لشريحة روم، شريحة ذاكرة قراءة وكتابة معا حيث ان البيانات المخزنة عليها تظل هكذا طالما ان المعالج المصغر يحتاج اليها لاتمام عمل معين. ومجرد ادخال بيانات جديدة الى ذاكرة رام كالمحور البيانات القديمة وحلول الجديدة مكانها. كما وان ايقاف الجهاز وقطع الكهرباء عنه يمحو كل ما تحمله ذاكرة «رام» من بيانات.

\* الشرائح البينية (Interface Chips) وتتولى ترجمة الاشارات الواردة وابدائها لمساحات الاصبع فوق لوحة المفاتيح والتي هي بمثابة تعليمات، الى لغة ثنائية يفهمها الكمبيوتر قوامها اشارتان (هما اشبه باطفاء النور ثم انارته). كما تتولى ترجمة الاشارات المرسلة الى بيانات تعرض على المراقب (الشاشة) في صورة احرف او ارقام. ولما كانت هذه الشرائح صلة الوصل بين طرفين او اكثر أطلق عليها اسم الشرائح البينية.

\* شريحة وحدة المعالجة المركزية (Microprocessor Chip) وهي بمثابة الخلية العصبية او الدماغ بالنسبة الى الكمبيوتر، وهي تعمل على تنفيذ كل القرارات الحسابية والمنطقية اللازمة لمعالجة المعلومات بناء على البرامج المخزنة في شريحة الذاكرة. هذا العمل ينفذ في صورة رئيسية في الوحدة الحسابية المنطقية. كما تتضمن وحدة المعالجة المركزية دارات تحكم تنظم عملها وسجلات تخزين فيها، في صورة أنية، البيانات التي تدخل وتخرج من الشريحة. ونظرا الى ان الكمبيوتر الذي نتحدث عنه هنا هو منزلي اي ميكروكمبيوتر (Microcomputer) فاننا نطلق على وحدة المعالجة المركزية هنا الميكرومعالج (المعالج المصغر).



هكذا تبدو شريحة الذاكرة جنباً الى جنب مع راس قلم رصاص. كلاهما مكبران حوالي ١٢ مرة. في الاسفل مستطيل صغير يبين حجم الشريحة الاصلي وهو ربع بوصة عرضاً وتصفيها طولاً. والشريحة هي لذاكرة رام وتتضمن ٦٠٠ الف ترانزيستور، مما يؤهلها لتوفير قدرة ٢٥٦ كيلوبتا. وهو من اقصى ما هو متداول اليوم في السوق التجارية.



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في فصول ستة سابقة عرضنا على حلقات ماهية الكمبيوتر ومما يتألف والمعدات الأساسية الداخلة في تكوينه وطريقة عمله ودور البرامج في ذلك. كما تناولنا في شرح جانبي الشريحة ومما تتألف وعلى ماذا تحتوي نختتمين بذلك جميع النواحي الأساسية المبدئية. أما الآن فننتقل، ضمن إطار تقديمنا للكمبيوتر للمبتدئين، إلى شرح لغة الكمبيوتر ومنطقه.

## لغة الكمبيوتر / ١: النظام الثنائي

## الفصل السابع



وقبل نصف قرن كانت شيفرة الآلة اللغة الوحيدة للتواصل مع الكمبيوتر أما الآن فقد ابتكرت لغات تجعل الكمبيوتر يتولى بنفسه تحويل لغات البرمجة إلى شيفرة الآلة، أي إلى رموز يفهمها ليتمكن من القيام بأعماله. في بحثنا عن لغة الكمبيوتر سنتناول شقين، الأول وموضوعه النظام الرقمي الثنائي، والثاني (في حلقة مقبلة) منطق الكمبيوتر.

في الفصل الخامس بيننا العلاقة بين المعدات والبرامج ولذا، إن هذه العلاقة أشبه بالعلاقة بين الجسد والروح، وأن المعدات لا تستطيع أن تؤدي مهامها ما لم يتوافر للكمبيوتر برنامج يتولى الزمام ويملي عليها ما ينبغي أن تفعله. على أن الكمبيوتر يحتاج إلى لغة معينة يفهم بها هذه البرامج. لذلك وجدت لغات خاصة بالبرمجة هي عبارة عن تسلسل كلمات وأحرف وأرقام والفاظ أولائية مختارة بعناية كي تمكن الإنسان من التواصل مع الكمبيوترات. ومن دون هذه اللغات فإن أكبر الكمبيوترات وأعظمها قدرة تستحيل قطعاً جامدة لا حول لها ولا قوة، ورغم أن بعض لغات البرمجة معقد ورفيع المستوى يكاد يجاور اللغات الحية، كالانكليزية مثلاً، فإن جميع هذه اللغات هي أكثر تحديداً ودقة من اللغات البشرية ولا تحتمل التأويل ولا ازدواج المعنى. فالكمبيوتر جهاز رصين صارم لا يقبل المزاح. وهناك اليوم مئات من لغات البرمجة بل ألوف إذا ما أضفنا إليها «اللهجات» المتفرعة عنها والمعدلة لتتناسب أجهزة دون أخرى. وبواسطة هذه اللغات تتمكن الكمبيوترات من القيام بمختلف الأعمال، كالْحساب ومعالجة الإحصاءات، وفهرسة المعلومات وإصدار الأصوات والإيقاعات الموسيقية بل ومناقسة كبار الفنانين في مهارات الرسم واللون.

ولا توجد لغة واحدة تفي بجميع هذه المهام، فمنها ما يفضل للمسائل العلمية والآخرى للتجارة وثالثة لتجارب الذكاء الاصطناعي، الخ... لكنها جميعها تعتمد قاعدة واحدة. ذلك أن الكمبيوتر من حيث الأساس لا يستجيب إلا للغة واحدة وهي شدة التيار الكهربائي (الفولت) المرتفع والمنخفض والذي يمثل في هذا التناوب الأصفر والأحمر المستعملة في النظام الرقمي الثنائي. للكمبيوترات منافذ تتلقى البيانات على شكل تيار كهربائي أو انقطاع في التيار حيث يمثل التيار الأحاد وانقطاعه الصفر، مما يجعل النظام الرقمي الثنائي مثالياً للكمبيوترات. وإن تصميم الدارات الكهربائية في كل كمبيوتر معدّ بشكل تتجاذب فيه هذه الدارات مع مجموعة معينة ومحددة من الأوامر المشفرة ثنائياً والتي يمكن إعادة تشكيلها مراراً وتكراراً لتمكين الكمبيوتر من القيام بمهامه المختلفة. ورغم أن شيفرة الآلة (Machine Code) هذه واضحة ومباشرة فإنها غير إنسانية لأنها تتألف من آلاف وربما ملايين الأصفر والأحمر وأن أي خطأ في مكان ما يؤدي إلى فشل البرنامج.

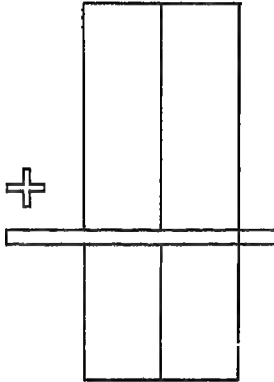
## النظام الرقمي الثنائي

أما النظام الرقمي الثنائي، الذي يستعمل في الكمبيوترات، فهو، كما يوحي اسمه، قائم على رقمين هما الصفر والواحد. فهذه الصيغة تستطيع أن تتعامل مع الفرضيات المنطقية: صحيح أو خطأ، كما أنها الصيغة الملائمة للطبيعة التي تقوم

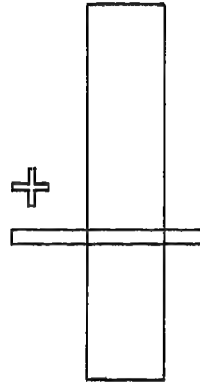
هناك عدة أنظمة حسابية. لكن الغالبية تستعمل النظام العشري (وأساسه الحقيقي عدد أصابع اليدين). هذا النظام أساسه الرقم ١٠ وقيمة كل رقم تختلف زيادة أو نقصاناً في حال اتجهنا يميناً أو يساراً عن الرقم ١٠.



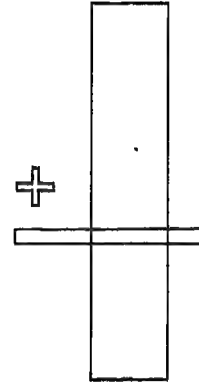
## قواعد الجمع في النظام الرقمي الثنائي



ولكن الاحتمال الثالث والمختلف للجمع  
في النظام الثنائي هو ان ١ زائد ١  
يساوي ١٠ اي صفر مع نقل ١ الى اليسار

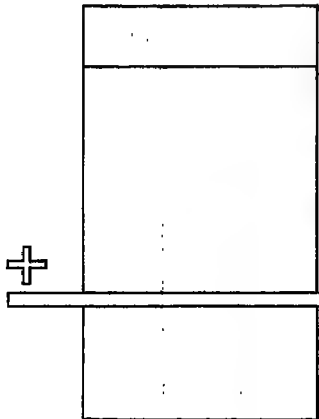


وعلى المنوال ذاته فان صفر زائد ١  
في النظام الثنائي يساوي ١



كما هي الحال في النظام العشري  
فان صفر + صفر يساوي صفرا

عشري



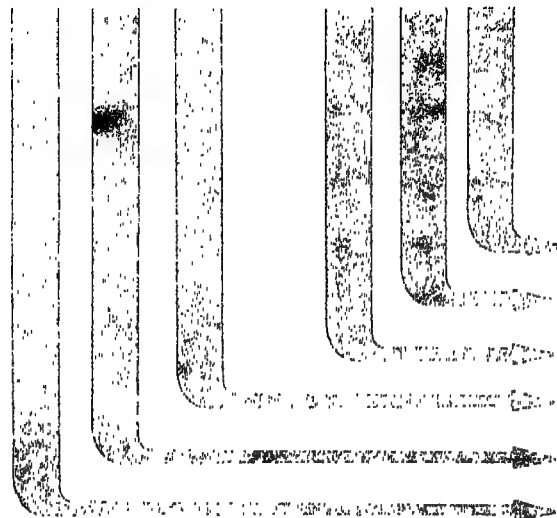
ثنائي

128	64	32	16	8	4	2	1
1	1	0	0	0	0	0	0
+	+	+	+	+	+	+	+
1	1	1	0	0	0	0	0

نموذج جمع: الى اليسار ارقام  
ثنائية وعشرية متساوية.  
ويمكن الحصول على مجموع  
كل فئة عن طريق جمع  
الاعمدة ونقل المتبقي الى  
اليسار. ففي العمود الاول  
للجدول العشري  
 $9 + 9 = 18$ ، نكتب  
الثمانية وننقل الواحد كما هو  
معروف. وفي العمود الاول  
للجدول الثنائي فان  
 $1 + 1 = 10$  (صفر  
وواحد ليس عشرة) فندون  
الصفر وننقل ١. وهكذا  
يصبح العمود الثاني في  
الجدول الثنائي  $1 + 1$  او  
 $10$  (صفر وواحد) مضافا  
اليه الواحد المنقول اي ١١  
فندون ١ الذي لجهة اليمين  
وننقل المتبقي. اما الارقام  
الدرجة ادناه فتفيد للتدقيق  
في عملية جمع الجدول الثنائي  
عن طريق تحويل المجموع،  
ثانية، الى النظام العشري.

### الخلاصة

ان العثور على المقابل العشري لرقم  
ثنائي لا يحتاج لأكثر من ملاحظة  
الخانة التي تحتلها ارقام الواحد  
(الأحاد) ومن ثم جمع قيم هذه  
الخانات.



٢	١ في خانة ٢	2
4	١ في خانة ٤	4
8	١ في خانة ٨	8
32	١ في خانة ٣٢	32
64	١ في خانة ٦٤	64
128	١ في خانة ١٢٨	128
238		238







ما هو؟	كيف يعمل؟	المبادئ	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في الفصل السابق شرحنا كيف أن الكمبيوتر لا يستطيع أن يفهم سوى اللغة الرقمية القائمة على النظام الثنائي، باعتبارها شيفرة آلة تمكن الإنسان من التعامل معه. وقارنا هذا النظام بالنظام العشري، وفي هذا الفصل نعرض لنظامين مُتفرعين عن النظام الرقمي الثنائي، وهما في الواقع نظامان اخترايان ضمن نطاق النظام الثنائي، أي يستعملان الصفر والواحد أيضاً ولكنها يُسهلان عملية التواصل مع الكمبيوتر.

## الفصل الثامن لغة الكمبيوتر ٢: النظامان الثنائي والعشري

النظام الرقمي الثنائي: وعلى المنوال نفسه فإن رقما أصبغيا واحدا في النظام الست عشري يمثل أربعة أرقام أصبغية في النظام الثنائي.

$$(2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16).$$

جميع هذه الانظمة الرقمية تشترك في خصائصها لانها جميعها تخضع لصفتين اساسيتين، الاولى ان قيمة الاساس في جميع أنظمة العد (اي اساس النظام سواء كان ١٠ أو ٢ أو ٨ أو ١٦) تحدد عدد الارقام الاصبغية وبالتالي الخانات المعتمدة في كل نظام على أن يكون أول هذه الارقام الصفر دائما. والثانية أن الحد الاعلى لقيمة كل خانة منفردة يساوي دائما قيمة الاساس ناقص واحد. ففي النظام العشري تمتد الارقام الاصبغية من صفر لغاية ٩ والرقم الاكبر هو ١٠ = ٩. وفي النظام الثنائي هناك رقمان أصبغيان هما صفر وواحد واكبرهما ١ = ١. وفي النظام الثماني سبعة أرقام من صفر لغاية ٧ واكبرها ٧ = ٨. وفي النظام الست عشري تمتد الارقام من صفر لغاية ١٥ واكبر الارقام هو ١٥ = ١٦. لكن لما كانت الارقام العشرية لا تزيد على ٩ فقد اعتمدت أحرف أبجدية تمتد من A لغاية F لتعبر عن ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥ في النظام الست عشري. ومعنى ذلك ان الارقام الست عشرية هي صفر، ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، A، B، C، D، E، F. واكبرها هو F الذي يعادل ١٥ (١٦-١).

المعروف أن اساس كل حساب هو العد. فالاول كانوا يعدون على اصابع اليد. وحينما لم تكن الاصابع تكفي كانوا يلجأون الى الحجارة والحصى أو العيدان. وحينما توصلوا الى نظام للارقام فإن معظم المجتمعات البشرية اعتمدت النظام العشري، أي النظام الذي أساسه القوة ١٠. وقوام هذا النظام اعتباران الاول أن هناك قيمة مكانية (Place Value) لكل رقم أو خانة، والثاني وضع رمز يمثل الاشياء، أي الصفر.

على أن بعض المجتمعات اختار النظام الثنائي وأساسه الرقم ٢. كما أن هناك أدلة على أن الفراعنة اعتمدوا نظاما معقدا أساسه الرقم ٤٩. وربما اختاروا هذا النظام ليظل بعيدا من متناول الناس العاديين.

لكن النظام الثنائي، على بساطته، مريح بالنسبة الى الانسان، فأي خطأ يتطلب العودة الى اسطر لا تحصى من الارقام الثنائية للتدقيق فيها. ورغم أن هناك برامج تحدد مكان الخطأ فإن هناك حالات ينبغي فيها العودة الى البرنامج سطرا سطرا للتحري عن الخطأ واستعراض عدد ضخم من الصفحات المطبوعة والتي تسمى مكب الذاكرة (Memory Dump).

من أجل ذلك ابتكر المبرمجون طرقا تختزل النظام الثنائي الى نظام ثماني (اساسه ٨) ونظام ست عشري (اساسه ١٦).

ونظرا الى أن ٨ هي ٢ مرفوعة الى القوة ٣ ثلاث مرات (٢ × ٢ × ٢ = ٨) فإن رقما أصبغيا واحدا (Digit) في النظام الثماني يساوي ثلاثة أرقام أصبغية في

C0100	5dF100A0	45EFC00C	5d10A242	5bF10010	45EF0008	9240A103	024EA104	A1030204
C0120	A104A0B2	U213A116	A0B70203	A134A0CB	D204A146	A0U4581C	A23E58F1	001045E4
C0140	0G0CF224	A006A0D4	FA32A107	A0G6FA10	A10BA246	47F0A026	C24FA103	A100F321
C0160	A124A10E	96F0A126	F363A144	A10796F0	A14A5810	A23E58F1	001045EF	000C0704
C0180	4110A236	4500A0AE	001C0078	001C0080	0A020A0E	F5F4F3F2	F1C2C1C4	40D5C5E4
C01A0	E240E2E3	E4C6C640	40404040	40F1F2F3	F4404040	40404040	00000440	40404040
C01C0	40404040	--SAME--						
C01E0	40404040	4540F5F4	F3F2F140	40404040	40404040	40404040	C2C1C440	D5C5E6E2
C0200	40E2E3E4	C6C64040	40404040	40404040	40404040	4040F1F2	F3F44040	40404040
C0220	40404040	40404040	40404040	40404040	40404040	40C9E3C5	D4405040	4B404040
C0240	40404040	40404040	40404040	40404040	40404040	C3D9C9D7	E3C9D6D5	40404040
C0260	404040B6	E4C1C5E3	C9E3E840	40404040	40404040	40404040	404040C1	4040E405
C0280	40404040	--SAME--						
C02A0	40404040	40404040	40404040	40404040	40404040	40404040	40000123	4C001CE3
C02C0	C8C5A0D5	4040C2C5	D440D6C6	40C9E3C5	D4E240D7	D9D6C3C5	E2E2C5C4	40C9E2E4
C02E0	40404040	40404040	40E3C8C5	40C3D6E3	C1D340C1	D4D6E4D5	E340C4E2	40404040
C0300	4040404C	40404040	40404040	40404040	5B58C2D6	D7C5D54C	5B58C2C3	D3D6E2C1
C0320	001C0080	001C0078	1CC1D3E8	E2C9E240	0A32D000	0A32D000	47F0F01A	0A32D000
C0340	C9D1C380	F0C9E9F0	3300D410	F1801D02	F710F026	0A0750E0	F068B8E0	10209101
C0360	10D44780	E04C9140	10D24710	914658E0	406847F0	F01A58E0	F01C07FE	D5D1F064
C0380	E00D4770	F05A47F0	F04658E0	F06807FE	615C0C00	10220000	A01C0114	404040D5
C03A0	0A32D000	0A32C000	0A32D000	47F0F01A	C9D1C4C6	E9E9E9E9	34D10A00	918D1002

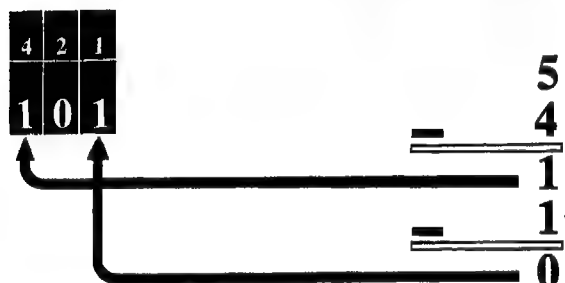
نموذج لمكب الذاكرة مكتوب بالنظام الست عشري





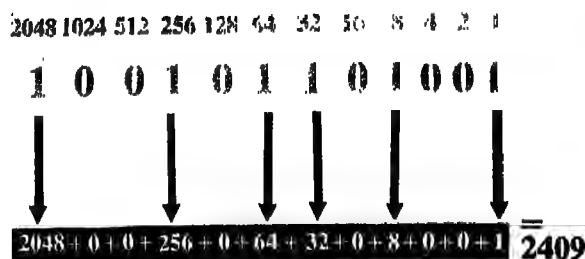
## عملية التحويل

### من عشري الى ثنائي



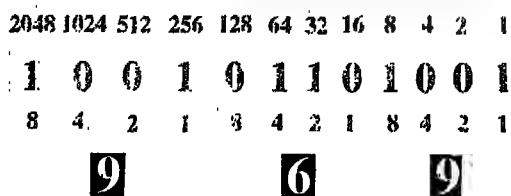
إطرح أكبر قوة مرفوعة الى الرقم ٢ من الرقم العشري (٤) من ٥ في مثلنا أعلاه) واستمر في الطرح من الرصيد المتبقي، مدونا الرقم ١ في كل خانة قيمتها المكانية استخدمت في الطرح والصفر حيث لم يحصل ذلك، وفي مثلنا أعلاه نضع ١ تحت الـ ٤، وصفر تحت الـ ٢، و ١ تحت الـ ١ مما يعطينا الرقم ١٠١ في النظام الثنائي.

### من ثنائي الى عشري



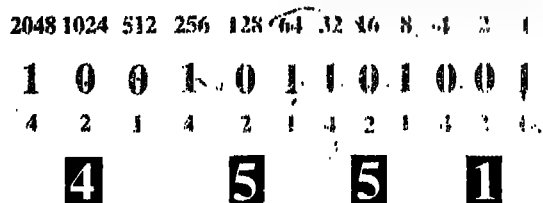
إجمع قيم كل الخانات المشغولة بالرقم ١ في مثلنا أعلاه فان تحويل الرقم الثنائي ١٠٠١٠١١٠١٠٠١ المكون من ١٢ خانة يعني جمع كل القيم المكانية حيث هناك واحد، أي جمع ١ + ٨ + ٣٢ + ٦٤ + ٢٥٦ + ٢٠٤٨ فتكون النتيجة ٢٤٠٩.

### من ثنائي الى ست عشري



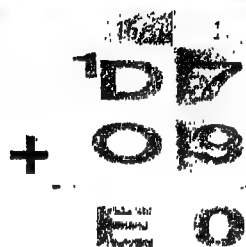
على المثال نفسه إبدأ من أقصى اليمين بتقسيم الرقم الى وحدات من أربعة متعاملا مع كل وحدة كما لو أنها رقما ثانيا مكونا من القيم المكانية ٨، ٤، ٢، ١. نرغب في تحويله الى عشري، إن مجموع القيم المكانية لكل مجموعة رباعية تعادل رقما أصعبا ست عشري أحدا. وفي مثلنا أعلاه فان مجموع القيم المكانية للمجموعات الرباعية هي ٩، ٦، ٩ أي ٩٦٩.

### من ثنائي الى ثماني



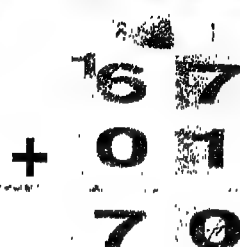
انطلاقا من الخانة الاولى في أقصى اليمين قسّم الخانات الى وحدات من ثلاثة، وتعامل مع كل ثلاثي كما لو أنه رقم ثنائي مستقل مكونا من القيم المكانية ٤، ٢، ١. والنتيجة هي أن مجموع كل القيم المكانية لكل مجموعة ثلاثية تساوي رقما أصعبا ثمانيا واحدا. وفي مثلنا أعلاه فان مجموع القيم المكانية للوحدات الثلاثية هي ٤، ٥، ٥، ١، مما يجعل المجموع ٤٥٥١ في النظام الثماني.

## مبادئ الجمع



### في النظام الست عشري:

أن جمع الأرقام في الخانة الأولى أي ٩ + ٧ يعطينا ١٦ وهو أساس النظام الست عشري المعبر عنه بـ ١٠. ندون صفرا وننقل ١ في الخانة الثانية نجمع ١ الى ٩ (أي ١٢ في النظام العشري) فنحصل على ١٤ في النظام العشري أي E. نجمع E الى الصفر فتدون النتيجة صفر E (صفر + E) وهو الاختزال الست عشري للثنائي ١١١٠٠٠٠٠ أو العشري ٢٢٤.



### في النظام الثماني:

أن جمع الأرقام في الخانة الأولى أي ٧ + ١ يعطينا ٨ المعبر عنها في النظام الثماني بـ ١٠ (صفر + واحد). وكما هي الحال في الجمع في النظام الثنائي ندون الصفر وننقل الواحد الى الخانة الثانية. ثم نتابع الجمع في الخانة الثانية، أي ٦ + ١ = ٧ وأخيرا ٧ زائد صفر فتكون النتيجة ٧٠ في النظام الثماني والمعادل ١١١٠٠٠ في النظام الثنائي و ٥٦ في النظام العشري.

في الحلقة الماضية عرضنا مبادئ الجمع في النظام الثنائي والآن نتناول مبادئ الجمع في النظامين الثماني والست عشري.

## ملخص خصائص الأنظمة الرقمية الأربعة

انطلاقاً من الصفتين الأساسيتين اللتين تنطبق عليهما جميع الأنظمة الرقمية فإن خصائص كل نظام رقمي هي:

### النظام العشري | ١٠ |

تتراوح أرقامه بين صفر إلى ٩ موفراً بذلك عشرة خيارات رقمية. الرقم الأكبر يساوي ٩، أي الحد الأقصى للخيارات الرقمية ناقص واحد.

### النظام الثماني | ٨ |

مجموع الخيارات المتوافرة في النظام الثماني هي ثمانية من صفر حتى ٧. وأكبر رقم هو ٧ أي الحد الأقصى للخيارات الرقمية ناقص واحد.

### النظام الثنائي | ٢ |

مجموع الخيارات الرقمية في هذا النظام لا يتعدى ٢ (صفر واحد). الرقم الأكبر يساوي ١ وهو الحد الأقصى للخيارات الرقمية ناقص واحد. وكل قيمة تتعدى ١ ينبغي أن تمثل بأكثر من رقم أصبعي واحد مثلما أن كل رقم يتعدى ٩ في النظام العشري يتطلب رقماً من خانتين أو أكثر.

### النظام الست عشري | ١٦ |

أقل الأنظمة شيوعاً. مجموع خياراته ١٦ رقماً أصبعياً، والأرقام العشرة الأولى هي من صفر إلى ٩ وقد أضيفت إليه ٦ رموز تمثل أرقاماً لتكملة العدد إلى ١٦ خياراً. هذه الرموز هي الأحرف من F-A. ومعنى ذلك أن هذه الأحرف، في النظام الست عشري، تمثل أرقاماً. ف A تمثل ١٠ و B تمثل ١١ و C تمثل ١٢ و D تمثل ١٣ و E تمثل ١٤ و F تمثل ١٥. أكبر رقم هو F أي الحد الأقصى للخيارات ناقص واحد (أي ١٦-١).

## القيم المكانية

### القيم المكانية في النظام العشري (9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0)

الخانات	1	2	3	4	5
القيم	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$
القيم	1	10	100	1,000	10,000
الأرقام	1	4	7	9	0
المجموع	1	40	700	9000	0
الرقم العشري	= 209741				

يخصص النظام العشري لكل رقم أصبعي قيمة أساسها القوة ١٠. ومعنى ذلك أن لكل رقم أصبعي (Digit) قيمة معينة أساسها القوة ١٠ أيضاً. هذه القيمة تزداد ١٠ أضعاف إذا اتجهنا من اليمين إلى اليسار. فالواحد يصبح عشرة والعشرة مئة وهكذا دواليك. هذه القيمة يطلق عليها «القيمة المكانية» للرقم (Place value).

### القيم المكانية في النظام الثنائي (1, 0)

الخانات	1	2	3	4	5	6
القيم	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	$2^4$	$2^5$
القيم	1	2	4	8	16	32
الأرقام	1	0	1	0	0	1
المجموع	1	0	4	0	0	32
الرقم الثنائي	= 37					

وكذلك الأمر في النظام الثنائي. فإن لكل رقم أصبعي قيمة مكانية يتم جمعها لتشكل القيمة الإجمالية للرقم الثنائي. أما أساس النظام الثنائي فهو القوة ٢.

يدون مجموع قيمة عدد ثنائي بعدد ذي أساس عشري

ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

ضمن إطار شرح لغة الكمبيوتر الثنائية عرضنا في الفصل السابق لنظامين اختراعيين يقعان ضمن النظام الثنائي ويستعملهما البرمجون لأنهما يسهلان عملهم. ولأن النظام الرقمي الثنائي الأساسي مثير. وفي هذا الفصل نتابع مستعرضين قواعد التحويل بين مختلف الأنظمة الأربعة المتداولة وفي البرمجة الكمبيوترية وهي النظام العشري<sup>١٠</sup> وأساسه ١٠ والنظام الثنائي وأساسه ٢ والنظام الثماني وأساسه ٨ والنظام الست عشري<sup>١٦</sup> وأساسه ١٦.

**الفصل التاسع لغة الكمبيوتر ٣: قواعد التحويل**

لما كانت الضرورة تقضي بالتحويل من نظام رقمي الى آخر فقد وضعت سلسلة قواعد على شكل خطوات تعتمد للتحويل من نظام الى آخر:

**من ثمانى الى عشرين**

$$10^? = 8^{257}$$

### الخطوة ١ حدد قيمة كل خانة



الخطوة ٢ اضرب القيمة المكانية بالرقم الاصبعي

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 2 \\ \hline 128 \end{array} \quad \begin{array}{r} 8 \\ \times 5 \\ \hline 40 \end{array}$$

### الخطوة ٣ إجمع المحاصيل

**اولاً: التحويل الى النظام العشري  
من الانظمة الاخرى**

الخطوة ١: حدد قيمة كل خانة (القيمة المكانية) يشغلها كل رقم اصبعي (بحسب النظام العشري).

الخطوة ٢: اضرب القيمة المكانية للخانة بالرقم الاصبعي الموجود فيها.

الخطوة ٣: اجمع المحاصل الناتجة من الخطوة ٢. فالمجموع هو القيمة المعادلة في النظام العشري.

## من ثنائي الى عشري

$$10? = {}_210110$$

## الخطوة ١ حدّد قيمة كل خانة

ਭਾਗ ੧, ਪੰਨਾ ੧੭੭

الخطوة ٢ ضرب القيمة المكانية بالرقم الاصبعي

$$\begin{array}{r} 7^{16} \\ \times 1 \\ \hline 16 \end{array} \quad \begin{array}{r} 7^8 \\ \times 0 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 7^4 \\ \times 1 \\ \hline 4 \end{array}$$

### الخطوة ٣

### إجمع المحاصيل

## من امت عشري الى عشري

$$10? = 162B3C$$

### الخطوة ١ حدّد قيمة كل خانة



الخطوة ٢  
اضرب القيمة  
المكانية بالرقم  
الاصبعي

$\begin{array}{r} \text{₹}4096 \\ \times 2 \\ \hline 8192 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{₹}256 \\ \times 11 \\ \hline 2816 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{₹}16 \\ \times 3 \\ \hline 48 \end{array}$
--	--	--

### الخطوة ٣ إجمال المحاصيل

8,19  
2,85

## من عشري الى ثنائي

$$8? = 10416$$



الخطوة ١  
قسم الرقم على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٢  
دون الرصيد في اول خانة لجهة اليمين



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤

## من عشري الى ست عشري

$$16? = 10941$$



الخطوة ١  
قسم الرقم على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٢  
دون الرصيد  
في اول خانة لجهة اليمين



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤

## نانيا: التحويل من النظام العشري الى الانظمة الاخرى

الخطوة ١: قسم الرقم العشري المراد تحويله على قوة الاساس المطلوب.  
الخطوة ٢: دون الرصيد المتبقي من الخطوة ١ بصفته الرقم الاصبعي  
الاول للرقم الجديد المطلوب ابتداء من جهة اليمين.  
الخطوة ٣: قسم حاصل القسمة السابقة على قوة الاساس الجديد  
(المطلوب).

الخطوة ٤: دون الرصيد الناتج من الخطوة ٣ بصفته ثاني رقم اصبعي  
للرقم الجديد المطلوب وذلك الى يسار الرقم الاصبعي الاول. كرر الخطوتين ٣  
و ٤ مدونا الارصدة من اليمين باتجاه اليسار الى حين يلج الرصيد من  
الخطوة ٣ صفراً.

## من عشري الى ثنائي

$$2? = 1026$$



الخطوة ١  
قسم الرقم على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٢  
دون الرصيد في اول خانة لجهة اليمين



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي رقم  
فإذا كان الرصيد صفراً توقف والا  
كرر الخطوتين ٣ و ٤



الخطوة ٣  
قسم حاصل القسمة السابقة  
على قوة الاساس الجديد



الخطوة ٤ دون الرصيد كثنائي  
رقم فإذا كان الرصيد صفراً  
توقف والا كرر الخطوتين ٣ و ٤

## رابعاً: التحويل من وإلى النظام الست عشري

من ٩ والارقام الاصبعية الست عشرية من A إلى F تساوي الارقام العشرية ١٠ - ١٥.

### من ست عشري إلى ثنائي

الخطوة ١: حوّل كل رقم اصبعي ست عشري إلى رقم ثنائي مؤلف من أربعة ارقام اصبعية (معتبراً الارقام الست عشرية كما لو أنها ارقام عشرية).

الخطوة ٢: اعتبر الارقام الحاصلة كما لو أنها رقم ثنائي واحد.

### من ثنائي إلى ست عشري

الخطوة ١: قسّم الارقام الاصبعية الثنائية إلى مجموعات من أربعة وذلك بدءاً بالجهة اليمنى.

الخطوة ٢: حوّل كل مجموعة من أربعة ارقام اصبعية ثنائية إلى رقم اصبعي ست عشري واحد (مستخدماً قاعدة التحويل من ثنائي إلى عشري). وتذكّر ان الارقام الاصبعية الست عشرية من صفر إلى ٩ تساوي الارقام الاصبعية العشرية من صفر

### من ثنائي إلى ست عشري

$$16? = 2^{11010111}$$

الخطوة ١ قسّم الارقام الثنائية إلى مجموعات من أربعة

$$\begin{aligned} 16D &= 1013 \\ 167 &= 107 \\ 16D7 &= 21 \end{aligned}$$

الخطوة ٢  
حوّل كل مجموعة إلى رقم اصبعي واحد

### من ست عشري إلى ثنائي

$$2? = 162A9$$

$$\begin{aligned} 20010 &= 10101010 \\ 21010 &= 10101010 \\ 21001 &= 10100101 \end{aligned}$$

الخطوة ١  
حوّل كل رقم اصبعي ست عشري إلى ثنائي من ٤ ارقام اصبعية

الخطوة ٢ ادمج الارقام معاً

$$2001010101010101$$

## ثالثاً: التحويل من وإلى النظام الثماني

تساوي الارقام الثمانية من صفر إلى ٧.

### من ثنائي إلى ثماني

الخطوة ١: حوّل كل رقم اصبعي ثماني إلى رقم ثنائي مؤلف من ثلاثة ارقام اصبعية (معتبراً الارقام الثمانية كما لو أنها ارقام عشرية).

الخطوة ٢: اعتبر الارقام الحاصلة كما لو أنها رقم ثنائي واحد.

### من ثنائي إلى ثماني

الخطوة ١: قسّم الارقام الاصبعية الثنائية إلى مجموعات من ثلاثة وذلك بدءاً بالجهة اليمنى.

الخطوة ٢: حوّل كل مجموعة من ثلاثة ارقام اصبعية ثنائية إلى رقم اصبعي واحد (مستخدماً قاعدة التحويل من ثنائي إلى عشري). وتذكّر ان الارقام الاصبعية العشرية من صفر إلى ٧

### من ثنائي إلى ثماني

$$8? = 2^{110011}$$

الخطوة ١ قسّم الارقام الثنائية إلى مجموعات من ثلاثة

$$20111$$

الخطوة ٢ حوّل كل مجموعة إلى رقم اصبعي واحد

$$3 = 011$$

### من ثنائي إلى ثماني

$$2? = 8246$$

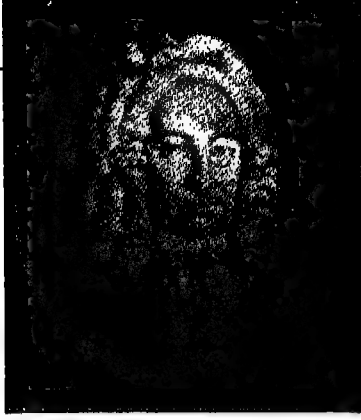
الخطوة ١ حوّل كل رقم اصبعي ثماني إلى ثنائي من ٣ ارقام اصبعية

$$010 =$$

الخطوة ٢ ادمج الارقام كلها معاً

$$0101010101010101$$

## آباء عصر الكمبيوتر (٢)

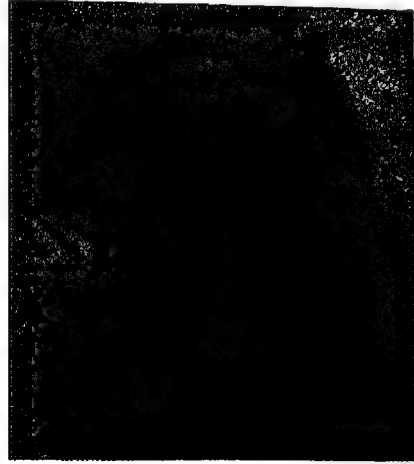


لايبنتز (Leibnitz) قدم اللغة الثنائية الرقمية  
(القرن السابع عشر)

اضافة الى اسهامه في تطور الآلة الحاسبة فانه، بابتكاره النظام الرقمي الثنائي المكون من الصفر وواحد، وفرفة يستطيع الكمبيوتر أن يتعامل معها. فالصفر والواحد يمكن أن يعبرا عن حالتين مطفأة ومشغل للتيار الكهربائي، وبالتالي التعبير عن المعطيات بعد كتابتها باللغة الرقمية الثنائية. وكان لايبنتز قد ابتكر النظام الثنائي لدواع فلسفية ورياضية. وفي الثلاثينات من القرن العشرين لاحظ كلود شانون (Claude Shannon) مضاعفاتها البعيدة المدى بالنسبة للكمبيوتر.

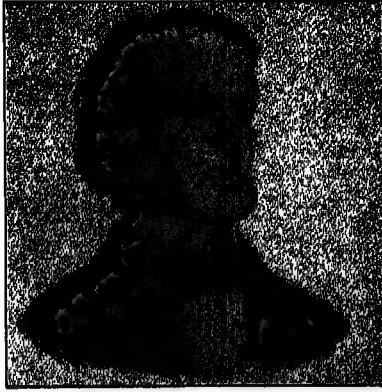
إكونتيسة أدا (Ada): قدمت البرمجة  
(القرن التاسع عشر)

ابنة الشاعر الانكليزي اللورد بايرن. رياضية موهوبة عملت بصورة وثيقة مع العالم البريطاني باباج في مشروعه لصنع آلة التحليلية. واليه تعود فكرة نقل مبدأ نول جاكارد الذي يعمل بالاشربة الطويلة المثقوبة الى الميدان الحسابي باستخدام بطاقات مماثلة مثقوبة ترمز بثقوبها الى ارقام معينة. أطلق عليها لذلك اول مبرمجة في التاريخ. وبذلك قربت الى الواقع مشروع الكمبيوتر الذي كان لا يزال سديميا في خلفيات العقل البشري.



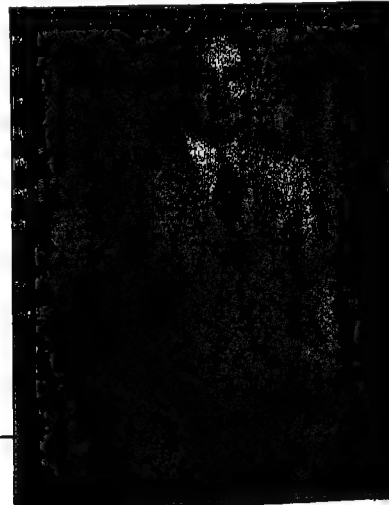
جورج بول (George Boole): قدم المنطق  
(القرن التاسع عشر)

عبقري بريطاني ابتكر في القرن التاسع عشر نوعا من الجبر يتبع التعامل مع الارقام والحروف والاشياء والعبارات والفرضيات كما لو انها ارقام بحتة. بموجب هذا النظام اصبح بالامكان ترميز الفرضيات التي يمكن ان تعتبر صحيحة او خاطئة على اساس ثلاثة احتمالات هي «و»، «او» و«لا».



جون فون نيومان (John Von Newman): قدم  
التصميم الهندسي (القرن العشرين)

هنغاري المولد اميركي الجنسية وصف بانه عملاق بين الرياضيين. لعب دورا بارزا في نجاح انياك، اول كمبيوتر الكتروني. وضع تصميم الهندسة الداخلية للكمبيوتر وقوامها خمسة عناصر اساسية تؤمن له اداء متعدد الاغراض. هذه العناصر هي الوحدة الرياضية المنطقية، وحدة التحكم والضبط، الذاكرة، وحدة ادخال ووحدة اخراج. وبالإضافة الى ذلك رأى أنه يتوجب على الكمبيوتر أن يعمل باللغة الرقمية الثنائية وأن يكون الكتروني لا ميكانيكي. ويعرف هذا التصميم بالمتسلسل لان عمليات المعالجة تتم واحدة بعد الاخرى، جميع الكمبيوترات التي هي قيد التداول اليوم صغيرة وسطى وإبوانية تعمل وفق هذا التصميم.





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

ما زلنا مع هذا الفصل نتابع تعقيدات النظام الثنائي باعتباره اللغة التي يفهمها الكمبيوتر. وقد عرضنا خلال ثلاثة فصول سابقة لماذا لا يفهم الكمبيوتر إلا اللغة الرقمية الثنائية وميزات هذه اللغة وتعقيداتها. كما عرفنا الأنظمة الرقمية المخترلة للنظام الثنائي وأخيراً قواعد التحويل بين نظام رقمي وآخر. وفي هذا الفصل نعرض لقواعد الجمع والطرح في الأنظمة الثلاثة الثنائي والثاني والست عشري.

## الفصل العاشر لغة الكمبيوتر / ٤: قواعد الجمع والطرح

### الجمع

في هذه اللغة الرقمية، كما في غيرها، كثيراً ما نضطر إلى الجمع عند كتابة البرامج بلغة يفهمها الكمبيوتر. وقواعد الجمع لا تختلف من حيث الأساس عن قواعد الجمع في النظام العشري، وهذه القواعد تتمثل في ثلاث خطوات:

الخطوة ١: أجمع العمود الأول ابتداءً من جهة اليمين.  
الخطوة ٢: إذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساوياً أو زائداً عن قوة الأساس اطرح قيمة الأساس من مجموع العمود وانقل ١ إلى العمود التالي. (إذا كان مجموع العمود لا يزال مساوياً أو زائداً عن الأساس كرر الخطوة ٢).  
الخطوة ٣: إذا كانت هناك أعمدة جمع إضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ أجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 10111 \\ +01110 \\ \hline \end{array}$$

1

1

+1

2

$$\begin{array}{r} 10111 \\ +01110 \\ \hline 01 \end{array}$$

01

1

1

+1

3

$$\begin{array}{r} 11 \\ 10111 \\ +01110 \\ \hline 101 \end{array}$$

1

0

+1

2

$$\begin{array}{r} 210111 \\ +201110 \\ \hline \end{array}$$

1

+0

1

الخطوة ٢: إذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساوياً أو زائداً عن قوة الأساس اطرح قيمة الأساس من مجموع العمود وانقل ١ إلى العمود التالي. (إذا كان مجموع العمود لا يزال مساوياً أو زائداً عن الأساس كرر الخطوة ٢).

الخطوة ٣: إذا كانت هناك أعمدة جمع إضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ أجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

الخطوة ٢: إذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساوياً أو زائداً عن قوة الأساس اطرح قيمة الأساس من مجموع العمود وانقل ١ إلى العمود التالي. (إذا كان مجموع العمود لا يزال مساوياً أو زائداً عن الأساس كرر الخطوة ٢).

الخطوة ٣: إذا كانت هناك أعمدة جمع إضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ أجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

الخطوة ٢: إذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساوياً أو زائداً عن قوة الأساس اطرح قيمة الأساس من مجموع العمود وانقل ١ إلى العمود التالي. (إذا كان مجموع العمود لا يزال مساوياً أو زائداً عن الأساس كرر الخطوة ٢).

الخطوة ٣: إذا كانت هناك أعمدة جمع إضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ أجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

الخطوة ١: أجمع العمود الأول ابتداءً من جهة اليمين.



الخطوة ١: اجمع العمود  
الاول ابتداء من جهة اليمين.

$$\begin{array}{r} 5 \\ +4 \\ \hline 9 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود  
في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة  
الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع  
العمود وانقل ١ الى العمود التالي.  
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا  
او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 1 \\ 265 \\ +434 \\ \hline 1 \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك  
اعمدة جمع اضافية او كان هناك  
نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع  
العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 6 \\ +3 \\ \hline 10 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود  
في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة  
الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع  
العمود وانقل ١ الى العمود التالي.  
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا  
او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 11 \\ 265 \\ +434 \\ \hline 21 \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك  
اعمدة جمع اضافية او كان هناك  
نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع  
العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ +4 \\ \hline 7 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود  
في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة  
الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع  
العمود وانقل ١ الى العمود التالي.  
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا  
او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 11 \\ 265 \\ +434 \\ \hline 21 \end{array}$$

في مثلثنا نريد ان نجعل الرقم الست عشري 5A9 الى الرقم الست عشري  
A86. تقضي الخطوة الاولى بجمع ٩ الى ٦ مما يعطينا ١٥ في النظام العشري، او  
F في النظام الست عشري. فنكون F في اسفل العمود الاول. في العمود الثاني  
نجمع A الى الرقم ٨. ولما كانت A في النظام الست عشري تعني ١٠ فمعنى ذلك ان  
مجموع العمود اصبح ١٨ وهو رقم يزيد عن الحد الاقصى لارقام النظام الست  
عشري. فننقل ١ الى العمود الثالث وهذا يعني نقل ١٦ من اصل مجموع الرقم ١٨  
فندون الفارق وهو ٢ في اسفل العمود الثاني. في العمود الثالث نلاحظ ان مجموع  
ارقام العمود تزيد عن الحد الاقصى للرقم في النظام الست عشري فتتم عملية نقل  
جديدة. ان النقل بحسب قوة الاساس (١٦) تعني نقل كامل مجموع العمود فنكون  
صفرًا في اسفل العمود. اما الخطوة الاخيرة فهي تدوين الرقم ١ المنقول باعتباره  
العمود الرابع. مثال:

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود  
في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة  
الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع  
العمود وانقل ١ الى العمود التالي.  
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا  
او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 111 \\ 10111 \\ +01110 \\ \hline 0101 \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك  
اعمدة جمع اضافية او كان هناك  
نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع  
العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 10 \\ +0 \\ \hline 2 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود  
في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة  
الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع  
العمود وانقل ١ الى العمود التالي.  
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا  
او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 111 \\ 10111 \\ +01110 \\ \hline 00101 \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك  
اعمدة جمع اضافية او كان هناك  
نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع  
العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ +0 \\ \hline 1 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود  
في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة  
الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع  
العمود وانقل ١ الى العمود التالي.  
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا  
او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 1111 \\ 10111 \\ +01110 \\ \hline 100101 \end{array}$$

في مثلثنا التالي نريد ان نجعل الرقم الثماني 265 مع الرقم الثماني 434. تقضي  
الخطوة الاولى بجمع عمود الاحاد المؤلف من ٥ و ٤ مما يجعل المجموع ٩. ونظرا  
الى ان اقصى القيمة العشرية لرقم اصبعي واحد في النظام الثماني هو ٧ فمعنى  
ذلك ان علينا ان نمارس النقل. اي نقل ١ الى رأس العمود التالي الذي تبلغ قيمته ٨  
(لكونها قيمة الاساس). ان ١ في عمود الثمانيات يساوي ٨ في عمود الاحاد. ونظرا  
الى اننا نقلنا ٨ من مجموع العمود البالغ ٩ فأننا نسجل الفرق ومقداره ١٠ تحت  
العمود الاول. في العمود الثاني المؤلف من ١ و ٦ يصبح المجموع في النظام  
العشري ١٠. وان نقل ١ الى العمود الثالث يجعل قيمته بحسب قيمة الاساس اي  
٨. ونظرا الى اننا نقلنا ٨ من اصل ١٠ في العمود الثاني فإننا ندون الفارق وهو ٢  
كرصيد للعمود الثاني. نصل الى العمود الثالث والآخر وهو مؤلف من ١ و ٢ و ٤  
اي ٧، ونظرا الى ان ٧ في العشري تساوي ٧ في الثماني فإننا لا ننقل شيئا بل ندون  
٧ كرصيد لهذا العمود. مثال:

$$\begin{array}{r} 265 \\ +434 \\ \hline \end{array}$$

## الطرح

لا تختلف قواعد الطرح المتبعة في الانظمة الثنائية عن قواعد الطرح في النظام العشري، والتي تتمثل في خطوتين:

الخطوة ١: اذا كان الرقم المطروح في العمود الواحد اكبر من الرقم المطروح منه استعبر رقما من العمود التالي والواقع الى اليسار. ان قيمة الرقم المستعبر هي دائما مساوية لقيمة الاساس في النظام العشري.

الخطوة ٢: اطرح القيمة الدنيا من القيمة العليا.

$$\begin{array}{r} 165A9 \\ + 16A86 \\ \hline \end{array}$$

الخطوة ١: اجمع العمود الاول ابتداء من جهة اليمين.

$$\begin{array}{r} 9 \\ + 6 \\ \hline 15 = F \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائدا عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 5A9 \\ + A86 \\ \hline F \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

تذكر:  $A=10$

$$\begin{array}{r} A \\ + 8 \\ \hline 18 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائدا عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 1 \\ 5A9 \\ + A86 \\ \hline 2F \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 5 \\ + A \\ \hline 16 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائدا عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 11 \\ 5A9 \\ + A86 \\ \hline 02F \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 0 \\ \hline 1 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائدا عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 11 \\ 5A9 \\ + A86 \\ \hline 102F \end{array}$$

في هذا المثل يطلب منا ان نطرح الرقم الثنائي 01110 من الرقم الثنائي 10101 وسوف نلاحظ ان الطرح في العمود الاول لا يحتاج الى استعارة لان الصفر يمكن ان يطرح من ١. في العمود الثاني علينا ان نطرح واحدا من صفر لذلك نحتاج الى استعارة. نستعير ١ من الرقم التالي الى اليسار. ان الرقم ١ المستعار من العمود الثالث يصبح ٢ في العمود الثاني (لان قوة الاساس هي ٢). ان الرقم ١ في عمود الرباعيات يساوي ٢ في عمود الثنائيات، لذلك يمكن المتابعة بطرح ١ من ٢ في العمود الثاني. في العمود الثالث علينا كذلك ان نطرح ١ من صفر وهنا نحتاج من جديد الى ان نستعير من العمود التالي باتجاه اليسار. العمود الرابع يتضمن صفرا ولا يمكن الاستعارة منه لذلك نستعير من العمود الخامس. ان استعارة ١ من العمود الخامس يمنح ٢ للعمود الرابع. ان الرقم ١ في عمود الست عشريات يساوي ٢ في عمود الثمائيات. وهكذا يصبح العمود الرابع مؤهلا كي نستعير منه. ان الرقم ١ من اصل ٢ المستعار من العمود الرابع يصبح ٢ في العمود الثالث. فنطرح ١ من ٢ ويصبح الرصيد ١. وعندنا يصبح الطرح في العمود الرابع ١ من ١ يصبح الرصيد صفرا. اما في العمود الخامس فيكون الطرح صفرا من صفر والرصيد صفرا. مثال:

$$\begin{array}{r} 10101 \\ - 01110 \\ \hline \end{array}$$

العملية الاولى  
(الخطوتان ١ و٢)

$$\begin{array}{r} 10101 \\ - 01110 \\ \hline 1 \end{array}$$

العملية الثانية

$$\begin{array}{r} 02 \\ 10101 \\ - 01110 \\ \hline 11 \end{array}$$

العملية الثالثة

$$\begin{array}{r} 0202 \\ 10101 \\ - 01110 \\ \hline 11 \end{array}$$

العملية الثالثة

$$\begin{array}{r} 10 \\ 6212 \\ 734 \\ -275 \\ \hline 437 \end{array}$$

عندما نقوم بالطرح في النظام الست عشري علينا ان نحول الاحرف من A الى F الى ما تعادله من ارقام في النظام العشري قبل اتمام عملية الطرح. في مثلنا نريد ان نطرح الرقم الست عشري 48F من الرقم الست عشري A7B. يعني العمود الاول طرح F من B او (١٥ من ١١ في النظام العشري). ومن الواضح اننا نحتاج الى الاستعارة. ان استعارة ١ من العمود الثاني يضيف ١٦ الى العمود الاول فيصبح ٢٧. نطرح منه ١٥ فيبقى لنا ١٢. ولما كان الرصيد هو في النظام العشري فاننا نقلبه الى ما يعادله في الست عشري اي الى ٢. في العمود الثاني نطرح ٨ من ٦ مما يقتضي الاستعارة. نستعير ١ من العمود الثالث فيضاف ١٦ الى العمود الثاني ويجعله ٢٢. نطرح منه ٨ فيبقى لنا ١٤ او E في الست عشري. في العمود الاخير نطرح ٤ من ٩ فيبقى لنا ٥. مثال:

$$\begin{array}{r} 16A7B \\ -1648F \\ \hline \end{array}$$

العملية الاولى (الخطوتان ١ و ٢)

$$\begin{array}{r} 27 \\ 15 \\ -F \\ \hline 12=C \end{array} \quad \begin{array}{r} 11 \\ 16 \\ -1 \\ \hline 27 \end{array} \quad \begin{array}{r} 627 \\ A7B \\ -48F \\ \hline C \end{array}$$

العملية الثانية

$$\begin{array}{r} 22 \\ 8 \\ -14 \\ \hline 14=E \end{array} \quad \begin{array}{r} 6 \\ 16 \\ -1 \\ \hline 22 \end{array} \quad \begin{array}{r} 22 \\ 9627 \\ A7B \\ -48F \\ \hline EC \end{array}$$

العملية الثالثة

$$\begin{array}{r} 22 \\ 9627 \\ A7B \\ -48F \\ \hline 6EC \end{array}$$

العملية الرابعة

$$\begin{array}{r} 12 \\ 0202 \\ 10101 \\ -01100 \\ \hline 1111 \end{array}$$

العملية الخامسة

$$\begin{array}{r} 12 \\ 0202 \\ 10101 \\ -01110 \\ \hline 01111 \end{array}$$

العملية السادسة

$$\begin{array}{r} 12 \\ 0202 \\ 10101 \\ -01110 \\ \hline 00111 \end{array}$$

عندما تبرز ضرورة للاستعارة في النظام الثماني فاننا نستعير المساوي العشري للرقم ٨. في مثلنا نريد طرح 275 الثماني من 734 الثماني. في العمود الاول نريد ان نطرح ٥ من ٤ لذلك فاننا نحتاج الى الاستعارة. وعلينا ان نتذكر ان ١ في عمود الثمانيات يساوي ٨ في عمود الاحاد. ومعنى ذلك اننا عندما نستعير للعمود الاول فان ما نستعيره يساوي ٨ مما يجعل الرقم ١٢ (في العشري). نطرح ٥ من ١٢ فيكون رصيد العمود الاول ٧. في العمود الثاني نريد ان نطرح ٧ من ٢ فنستعير ثانية. ان استعارة ١ من العمود الثالث يضيف ٨ الى العمود الثاني ويجعل مجموعه ١٠. ان طرح ٧ من ١٠ يبق لنا ٣. في العمود الثالث نطرح ٢ من اصل ٦ فيبقى لنا ٤. مثال:

$$\begin{array}{r} 734 \\ -275 \\ \hline \end{array}$$

العملية الاولى (الخطوتان ١ و ٢)

$$\begin{array}{r} 7212 \\ 734 \\ -275 \\ \hline 7 \end{array}$$

العملية الثانية

$$\begin{array}{r} 10 \\ 6212 \\ 734 \\ -275 \\ \hline 37 \end{array}$$



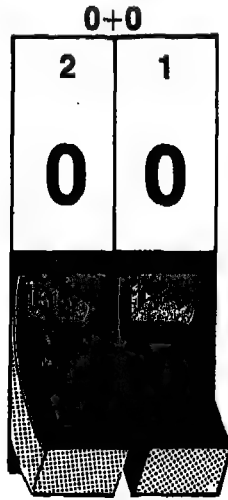
ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرقيات

عرضنا في أربعة فصول سابقة للغة الرقمية الثنائية باعتبارها اللغة التي يفهمها الكمبيوتر. فشرحنا أولاً النظام الثنائي ومن ثم النظامين الثنائي والست عشري المتفرعين عنه. ثم عرضنا لقواعد التحويل من الأنظمة الأربعة: العشري والثنائي والست عشري. وأخيراً، عرضنا لقواعد الجمع والطرح في هذه الأنظمة. وفي هذا الفصل سوف نُفسّر كيف تُترجم اللغة الرقمية الثنائية عملياً إلى لغة يفهمها الكمبيوتر، أي كيف تتحول اللغة الرقمية إلى لغة ثنائية إلكترونية.

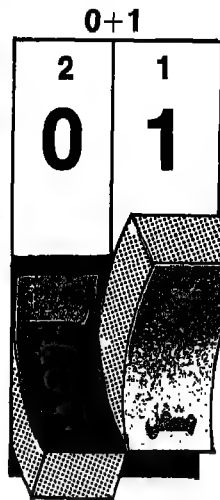
## الفصل الحادي عشر اللغة الثنائية الإلكترونية

### اللغة الثنائية

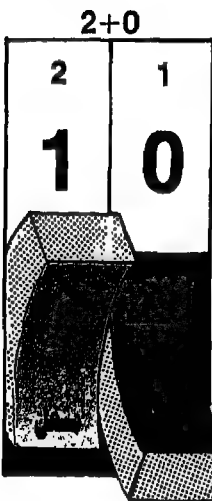
توجد داخل كل كمبيوتر ملايين البدالات التي تخزن الطاقة الكهربائية وتنظم سريانها عبر الدارات الكهربائية. ولأن البدالات ذات طبيعة ثنائية فهي دائماً في إحدى وضعيتين: إما مشغلة أو مطفأة. وكل وضعية من هاتين الوضعيتين توازي قيمة رقمية. فحينما تكون في وضعية تشغيل فإنها تمثل الرقم الاصبعي الثنائي «واحد» وهي الوضعية التي يكون فيها التيار مخزنًا أو مرسلًا عبر الدارة. وحينما تكون في وضعية إطفاء فهي تمثل الرقم الاصبعي الثنائي «صفر» أي الوضعية التي لا يكون فيها أي تيار مخزنًا أو مرسلًا.



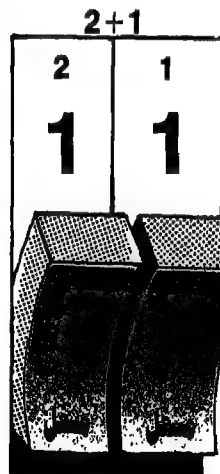
المعادل  
العشري  
= 0



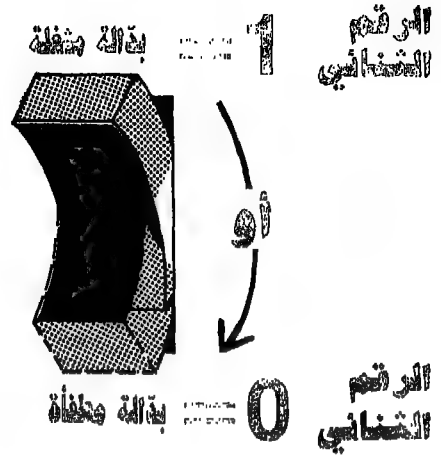
المعادل  
العشري  
= 1



المعادل  
العشري  
= 2



المعادل  
العشري  
= 3



وهذا يعني أن:

بدالة واحدة تبعث رمزين ثنائيين  
وبدالتان تبعثان بـ ٤ رموز ثنائية.

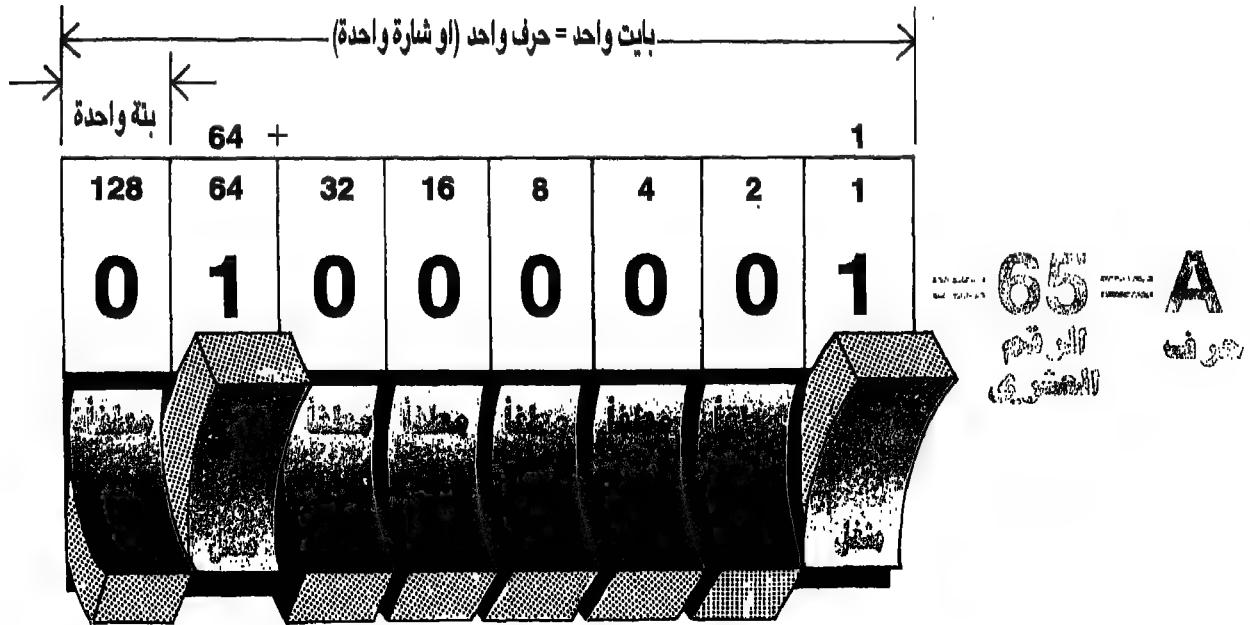
وكما زدنا البدالات كلما أمكننا إرسال المزيد من الرموز الثنائية. ذلك أن عدد هذه الرموز يتضاعف مع كل بدالة جديدة. أي أن: ٣ بدالات ترسل ٨ رموز ثنائية. ٤ بدالات ترسل ١٦ رموز ثنائية. وهكذا دواليك.

كما هو مبين في الشكل اللاحق

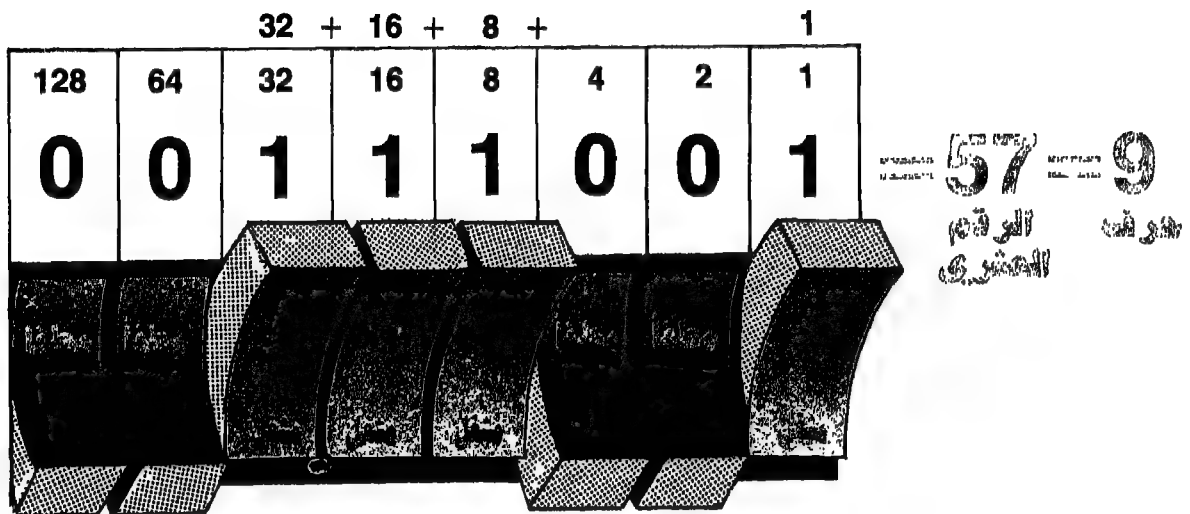
جداول تحويلية يعبر فيها بالارقام الثنائية صفر وواحد عن كل رقم عشري او كل حرف ابجدي او شكل رمزي يمكن ان نستعمله. والمثال التالي يبين لنا كيف نستطيع ان نعبر عن الحرف A والذي يساوي ٦٥ في النظام الرقمي العشري باللغة الثنائية الالكترونية.

## تحويل الاحرف الى اشارات

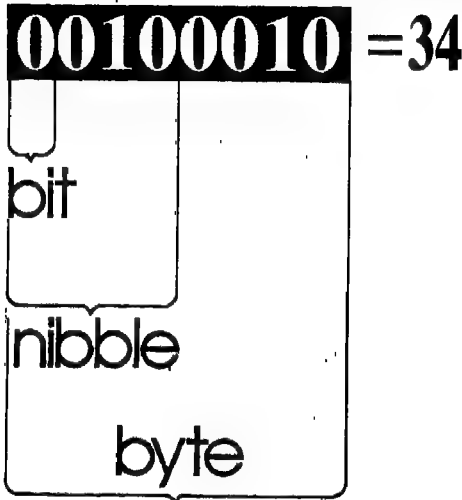
حينما نضغط على مفتاح في لوحة المفاتيح التابعة لجهاز الكمبيوتر فان مجموعة مكونة من ثمانية بدالات تبعث برسالة مؤلفة من ٨ بتات (او بايتا واحدا) لتجري معالجتها في وحدة المعالجة المركزية. هذه الرسالة تمثل المفتاح الذي ضغطنا عليه. ولما كانت لوحة المفاتيح تمثل ارقاما واحرفا ابجدية واشكالا رمزية فقد وضعت



اما المثال التالي فيبين لنا كيف نستطيع ان نعبر عن الرقم ٩ في النظام الثنائي والمساوي ٥٧ في النظام الرقمي العشري باللغة الثنائية الالكترونية.



## الرقم العشري



## جدول وحدات التخزين

حدّد الرياضي «كلود شانون» أصغر وحدة معلومات في اللغة الثنائية بـ «البتة» (Binary Digit/Bit) وكل ثمانية بتات تشكل وحدة تُطلق عليها تسمية البايت (Byte). والبعض يستعمل وحدة مؤلفة من ٤ بتات يُطلق عليها تسمية «نibble» (Nibble) ومعناها الحرف في القسمة. ولما كان البايت يتألف من ثمانية بتات، فمعنى ذلك أنه مساو لحرف. فإذا كان لدينا نص للمعالجة مكوّن من ألف حرف فمعنى ذلك أنه يتألف من ألف بايت أو أربعة آلاف «نibble» أو ثمانية آلاف بتة. وهناك كمبيوترات تعالج النصوص بوحدات أكبر من البايت يطلق عليها تسمية «كلمات».

٨ بتات = ١ بايت أي شارة واحدة (حرف واحد أو رقم عشري واحد أو رمز واحد).

١٠٢٤ بايت = ١ ك (كيلوبايت) = ١٠٢٤ شارة.

١٠٠٠ ك = ١ م (ميغابايت) = ١٠٢٤٠٠٠ شارة.

١٠٠٠ م = ١ غ (جيجابايت) = ١٠٢٤٠٠٠٠٠٠ شارة.

الاتصالات. هذه اللائحة يُطلق عليها اسم نظام أسكي المعايير لتبادل المعلومات. بموجب هذا النظام اختيرت الأرقام العشرية لتمثل الحروف الأبجدية والأرقام والرموز والوظائف المستعملة في الكمبيوترات. وهي موضحة أدناه وإلى جانبها وضعت الأرقام المعادلة لها في النظام الرقمي الثنائي وذلك بحسب النظام الترميزي الأميركي المعايير لتبادل المعلومات «أسكي» (ASCII-American Standard Code for Information Interchange)

## نظام أسكي المعايير

معظم الرموز الثنائية ثمانية البتات نظرا إلى أن الرمز الثماني البتات يساوي ٢ مرفوعة للقوة ٨ أي ٢٥٦ تركيبة مختلفة لأحاد واصفار. وهو عدد كاف نستطيع أن نعبر به عن جميع الحروف الأبجدية والأرقام والرموز التي نستعملها في اتصالاتنا والتي نطلق عليها اسم «شارات» الإلكترونية. وهكذا تتبع الرموز الثنائية المكونة من ثماني «بتات» وضع لائحة بجميع الأحرف والأرقام التي يمكن أن تستعمل في

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
18	030	024	00011000	CAN
19	031	025	00011001	EM
1A	032	026	00011010	SUB
1B	033	027	00011011	ESC
1C	034	028	00011100	FS
1D	035	029	00011101	GS
1E	036	030	00011110	RS
1F	037	031	00011111	US
20	040	032	00100000	space
21	041	033	00100001	!
22	042	034	00100010	"
23	043	035	00100011	#
24	044	036	00100100	\$
25	045	037	00100101	%
26	046	038	00100110	&
27	047	039	00100111	'
28	050	040	00101000	(
29	051	041	00101001	)
2A	052	042	00101010	*
2B	053	043	00101011	+
2C	054	044	00101100	,
2D	055	045	00101101	-
2E	056	046	00101110	.
2F	057	047	00101111	/
30	060	048	00110000	0
31	061	049	00110001	1
32	062	050	00110010	2
33	063	051	00110011	3

## طاقم رموز اسكي

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
00	000	000	00000000	NUL
01	001	001	00000001	SOH
02	002	002	00000010	STX
03	003	003	00000011	ETX
04	004	004	00000100	EOT
05	005	005	00000101	ENQ
06	006	006	00000110	ACK
07	007	007	00000111	BEL
08	010	008	00001000	BS
09	011	009	00001001	HT
0A	012	010	00001010	LF
0B	013	011	00001011	VT
0C	014	012	00001100	FF
0D	015	013	00001101	CR
0E	016	014	00001110	SO
0F	017	015	00001111	SI
10	020	016	00010000	DLE
11	021	017	00010001	DC1
12	022	018	00010010	DC2
13	023	019	00010011	DC3
14	024	020	00010100	DC4
15	025	021	00010101	NAK
16	026	022	00010110	SYN
17	027	023	00010111	ETB

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
5C	134	092	01011100	
5D	135	093	01011101	}
5E	136	094	01011110	
5F	137	095	01011111	—
<hr/>				
60	140	096	01100000	
61	141	097	01100001	a
62	142	098	01100010	b
63	143	099	01100011	c
64	144	100	01100100	d
65	145	101	01100101	e
66	146	102	01100110	f
67	147	103	01100111	g
68	150	104	01101000	h
69	151	105	01101001	i
6A	152	106	01101010	j
6B	153	107	01101011	k
6C	154	108	01101100	l
6D	155	109	01101101	m
6E	156	110	01101110	n
6F	157	111	01101111	o
<hr/>				
70	160	112	01110000	p
71	161	113	01110001	q
72	162	114	01110010	r
73	163	115	01110011	s
74	164	116	01110100	t
75	165	117	01110101	u
76	166	118	01110110	v
77	167	119	01110111	w
78	170	120	01111000	x
79	171	121	01111001	y
7A	172	122	01111010	z
7B	173	123	01111011	{
7C	174	124	01111100	
7D	175	125	01111101	}
7E	176	126	01111110	~
7F	177	127	01111111	DEL

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
34	064	052	00110100	4
35	065	053	00110101	5
36	066	054	00110110	6
37	067	055	00110111	7
38	070	056	00111000	8
39	071	057	00111001	9
3A	072	058	00111010	:
3B	073	059	00111011	;
3C	074	060	00111100	<
3D	075	061	00111101	>
3E	076	062	00111110	?
3F	077	063	00111111	?
<hr/>				
40	100	064	01000000	@
41	101	065	01000001	A
42	102	066	01000010	B
43	103	067	01000011	C
44	104	068	01000100	D
45	105	069	01000101	E
46	106	070	01000110	F
47	107	071	01000111	G
48	110	072	01001000	H
49	111	073	01001001	I
4A	112	074	01001010	J
4B	113	075	01001011	K
4C	114	076	01001100	L
4D	115	077	01001101	M
4E	116	078	01001110	N
4F	117	079	01001111	O
<hr/>				
50	120	080	01010000	P
51	121	081	01010001	Q
52	122	082	01010010	R
53	123	083	01010011	S
54	124	084	01010100	T
55	125	085	01010101	U
56	126	086	01010110	V
57	127	087	01010111	W
58	130	088	01011000	X
59	131	089	01011001	Y
5A	132	090	01011010	Z
5B	133	091	01011011	[

DC1 = direct control 1  
 DC2 = direct control 2  
 DC3 = direct control 3  
 DC4 = direct control 4  
 NAK = negative acknowledge  
 SYN = synchronous idle  
 ETB = end transmission block  
 CAN = cancel  
 EM = end of medium  
 SUB = substitute  
 ESC = escape  
 FS = form separator  
 GS = group separator  
 RS = record separator  
 US = unit separator  
 SP = space

NUL = null  
 SOH = start of heading  
 STX = start of text  
 ETX = end of text  
 EOT = end of transmission  
 ENQ = enquiry  
 ACK = acknowledge  
 BEL = bell  
 BS = backspace  
 HT = horizontal tab  
 LF = line feed  
 VT = vertical tab  
 FF = form feed  
 CR = carriage return  
 SO = shift out  
 SI = shift in  
 DLE = data link escape

تفسير  
 الرموز

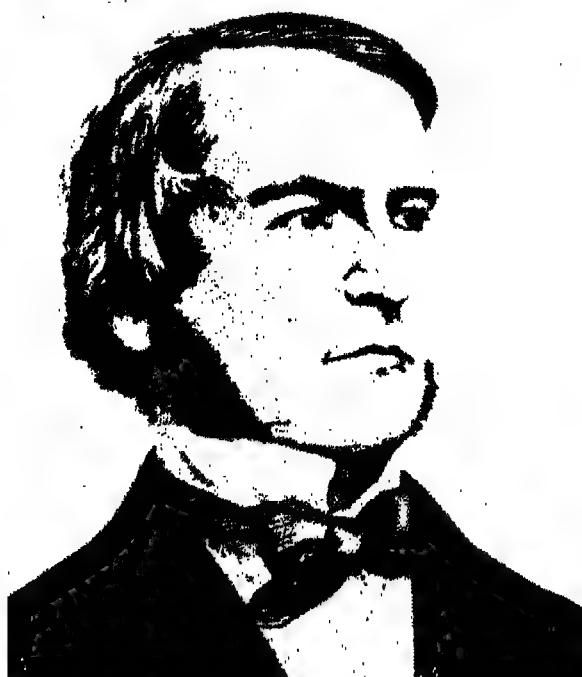


ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرقيات

في الفصول الأربعة ما قبل الأخيرة استعرضنا اللغة الرقمية الثنائية التي يفهمها الكمبيوتر ويتعامل بواسطتها، ثم عرضنا في الفصل الأخير للغة الثنائية الإلكترونية، أي الكيفية التي يُترجم فيها الكمبيوتر عملياً، التعليقات الثنائية إلى إشارات إلكترونية ويُميز الصفر عن الواحد، ثم كيف يُميز حرفاً أبجدياً أو رقماً أو رمزاً عن غيره من خلال قواعد مُعايرة. وفي هذا الفصل نعرض لجانب هام وأساسي جداً في عمل الكمبيوتر وهو المنطق الكمبيوترى أي لمجموعة القواعد التي تُشكّل أساس العمليات الحسابية والمنطقية في الكمبيوتر.

## الفصل الثاني عشر المنطق الكمبيوترى ١

### الجبر البولي



العالم الرياضي «جورج بول» واضع نظام المنطق الرمزي الذي يعتبر من المحطات الهامة في الطريق إلى الكمبيوتر

في اوائل القرن التاسع عشر وضع العالم الرياضي البريطاني جورج بول، والذي درس على نفسه، نظام المنطق الرمزي المعروف بالجبر البولي (Boolean Algebra) الذي يمكن تطبيقه على الارقام والحروف والعبارات، كما ويسمح بتشفير الفرضيات، اي العبارات التي يمكن اثبات صحتها او خطئها، بلغة رمزية ومن ثم التعامل معها كما ولو كانت ارقاما.

اهم العمليات الاساسية في الجبر البولي ثلاث:

و (AND)، او (OR)، لا (NOT). وهي تكفي للجمع والطرح والضرب والقسمة بل ولمقارنة الارقام والرموز مع بعضها البعض.

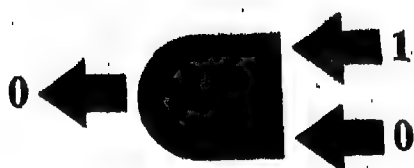
اضافة الى هذه العمليات الثلاث يُوجد في الجبر البولي ما يُعرف بـ «البوابات المنطقية» (Logic Gates) وهي معابر بيانات ثنائية تعالج نوعين فقط من الكيانات المنطقية:

صح ام خطأ، نعم ام لا، مفتوح ام مغلق، صفر ام واحد.

فإذا عمدنا الى ترتيب الوف البدالات الالكترونية الدقيقة التي تتضمنها الشرائح بحسب المنطق البولي فإنها تصبح بوابات منطقية قادرة على القيام بالعمليات الحسابية والمنطقية في الوقت نفسه.



## البوابات المنطقية



حينما تجمع البوابات المنطقية بعضها الى بعض في تركيبات متنوعة فانها تمكن الكمبيوتر من ان يقوم باعماله بواسطة النبضات الالكترونية المشفرة والتي تعبر عن اللغة الرقمية الثنائية التي يستخدمها الكمبيوتر.

وكل بوابة منطقية تقبل «داخل» (Input) في شكل فولطات كهربائية عالية او منخفضة وتقيسها استنادا الى قواعد مقررة سلفا، وتصدر «خارج» منطقيا (Logical Output) واحدا، هو بدوره على شكل فولط كهربائي عال او منخفض. هذا الفولط الخارج يستطيع ان يمثل أيا من الوضعيات الثنائية التالية: نعم - لا، واحد - صفر، صح - خطأ.

ان بوابة و على سبيل المثال تعطي المعادل الثنائي للرقم ١ فقط اذا كان الداخل صح منطقيا. كما وان بعض البيانات يمكن ان تنتقل من موقع الى آخر وتستطيع ان تفعل ذلك فقط حينما تتلقى بوابة و اشارة صح على جميع خطوط الداخل المتصلة بها.

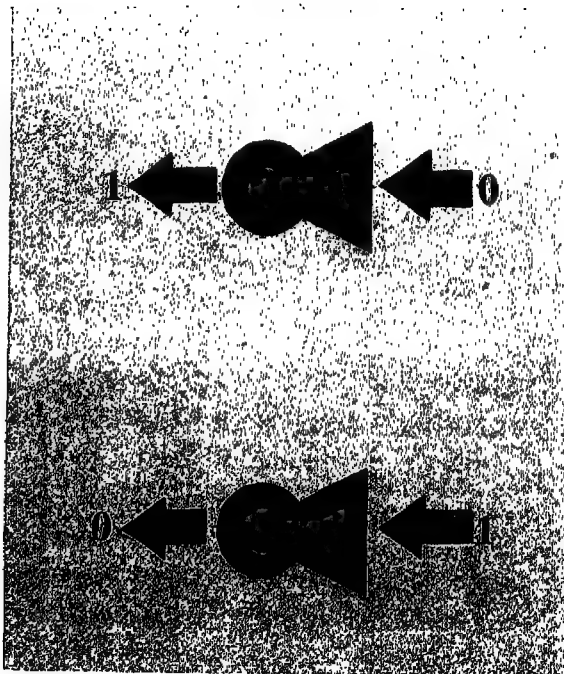
والقواعد التي تتحكم بسير البوابات المنطقية هي التي تمكنها من تنظيم حركة البيانات والتعليمات داخل الكمبيوتر.

الرسوم الثلاثة المرفقة توضح طريقة تنفيذ عمل البوابات. اما الصورة في الصفحة المقابلة، فتمثل بوابة منطقية فعلية داخل الشريحة: الخطوط البيضاء «العنكبوتية» مصنوعة من الالومنيوم ومهمتها وصل الترانزستورات بباقي مكونات الدارة المدمجة (الصورة مكبرة ٣٩ مرة). اما الحجم الحقيقي للبوابة فهو النقطة الصغيرة البيضاء فوق البوابة.

### الرسم (١)

تمثل البوابات المرسومة اعلاه بوابات و وهي منسقة على غرار عمل الدارات الكهربائية. ورغم ان كل بوابة هي موسومة بسهمي «داخل» فان بوابات و تستطيع، بالواقع، قبول «داخليين». ولكن، وعلى غرار جميع البوابات المنطقية، فانها لا تصدر الا خارج واحد.

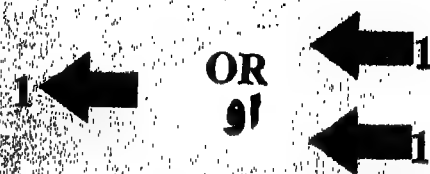
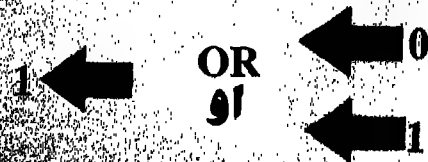
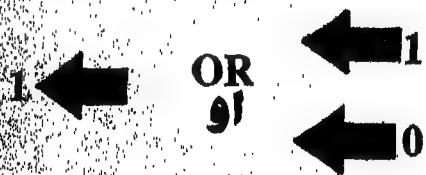
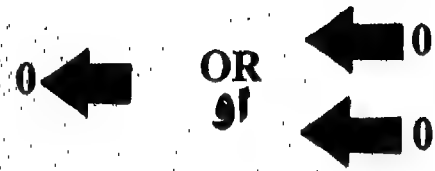
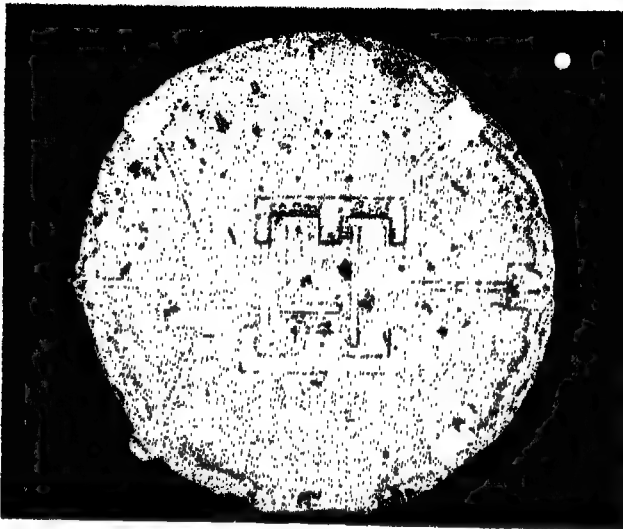
والقاعدة الرئيسية التي تتحكم ببوابة و هي انها تمرر ما يعادل الرقم ١ الثنائي او فرضية صح المنطقية وذلك فقط عندما يكون جميع «الداخل» اليها من نوع صح. ويلاحظ ان البوابات الثلاث العليا تمرر صفر او فرضية خطأ المنطقية لانها لا تتلقى (كداخل، وحدها البوابة السفلى تمرر الرقم ١ او صح كخارج.



الرسم (٣)

تمتاز بوابة لا بأنها عاكسة، أي أنها تحول الإشارة إلى عكسها. ولذلك نلاحظ بأنها مرسومة على شكل سهم ينتهي رأسه بدائرة لتدوير النتائج. وخلافا لبوابات و و أو فإن بوابة لا تقبل داخلا واحدا فقط والذي يتم تحويله إلى نقيضه، أي من صفر إلى واحد أو من واحد إلى صفر.

وغالبا ما ترمز بوابات أو مع بوابات و و أو لتشكيل بوابات موجبة هي بوابتي لا و (أي NAND) و لا أو (أي NOR) واللذان تستعملان لمعالجة الداخل بحسب قواعد و/ أو ومن ثم عكس النتائج أوتوماتيكيا.



الرسم (٢)

الرسم أعلاه يمثل بوابات أو والتي تستطيع، على غرار بوابات و، أن تقبل أكثر من داخلين ولكنها لا تمرر إلا خارجا واحدا. على أنه لا بد من الإشارة إلى أن بوابات أو هي أقل دقة. فإذا تأملنا الرسم نلاحظ أن بوابة أو تمرر الرقم الثنائي ١ أو فرضية صبح المنطقية إذا كان واحد فقط من الداخل يحمل فرضية صبح. والمرة الوحيدة التي تمرر فيها بوابة أو صفر الثنائي أو فرضية خطأ المنطقية هي عندما يكون جميع «الداخل» خطأ.

## مكونات البوابة المنطقية

كل كمبيوتر حديث أيا كان حجمه او عمله، يستخدم البوابات المنطقية للقيام بأعماله.

وتتألف البوابة المنطقية من عدة مكونات أبرزها الترانزستورات، أي البدالات الالكترونية التي تعمل على اساس مشغل او مطلقا القدرة على تمرير التيار الكهربائي او إيقافه.

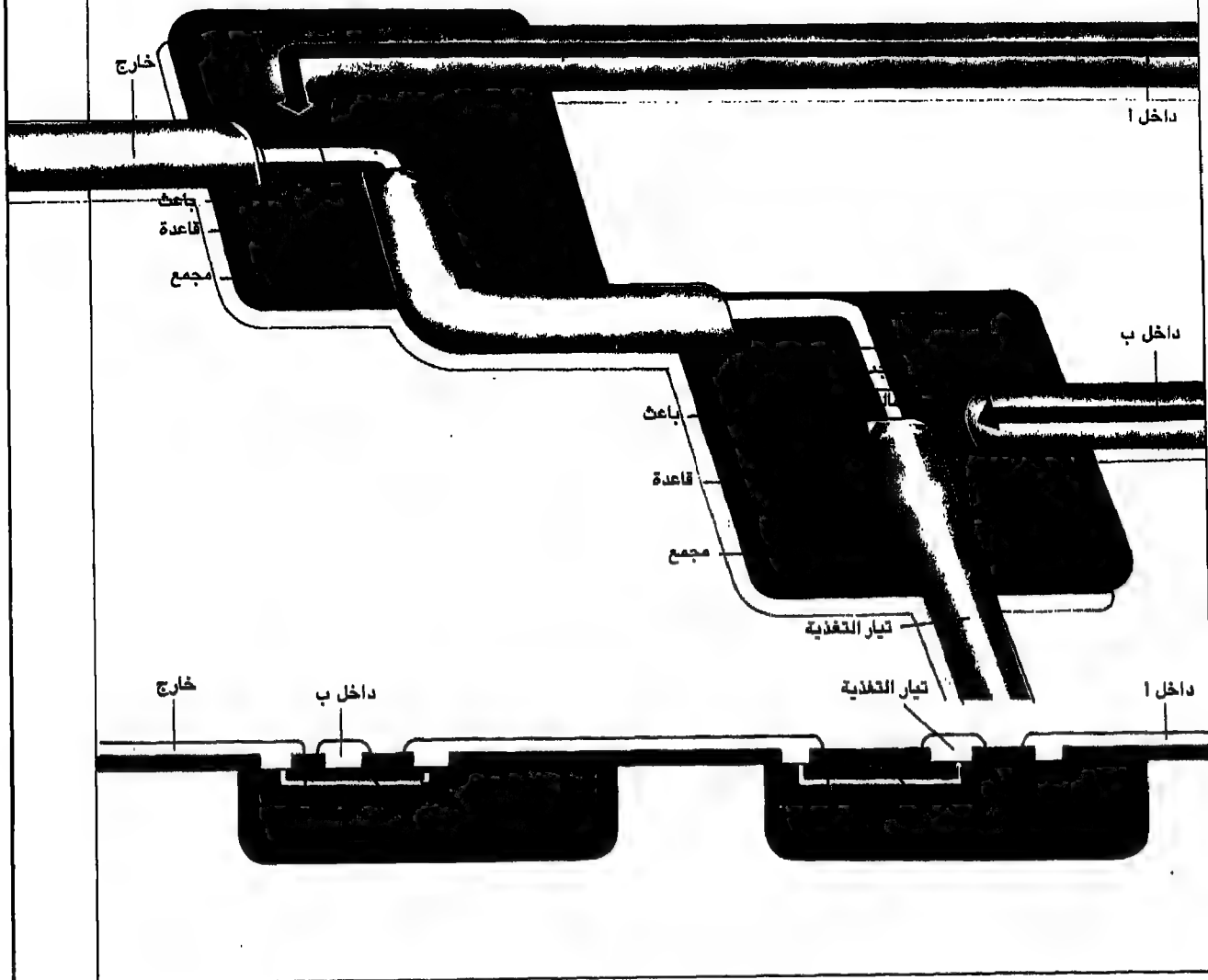
فإذا كانت البوابة من نوع لا فان الترانزستورات معدة بطريقة تجعلها تسمح بعملية ثالث وهي تلقي التيار الخفيف مثلا وتحويله الى تيار قوي والعكس بالعكس، وإعادة ارسال التيار بعد تبديله.

والرسم أدناه يضم تصميمين للبوابة المنطقية احدهما مقطع عرضي (السفلي) والثاني مسطح (العلوي). كلاهما يبينان كيف تبدو البوابة المنطقية من الداخل وكيف تتصل

البوابة الواحدة بالآخرى لتمرير الإشارة التي ترد لها من شقيقتها.

والبوابتان المرسومتان هما بوابتا و وكل واحدة منهما مهيئة لتمرير التيار فقط في الحالة التي يكون فيها التيار مرتفعا في كل الاشارات الكهربائية التي تدخل البوابة. فعندما تعبر النبضات الكهربائية من بوابة الى أخرى، فإنها تشغل الترانزستورات عن طريق تمرير التيار بين الباعث (Emitter) والمجمع (Collector). وتكون النتيجة استمرار مرور التيار من بوابة الى أخرى في الدارة.

ويمثل اللون الأخضر التيار واتجاهه، في حين يمثل السهمان الاحمران مصدرين مستقلين لاشارات كهربائية مرتفعة يؤديان بالترانزستورات الى تمرير التيار عبر البوابة. ولو كان احد السهمين او كلاهما منخفض الشدة لكان مرور التيار قد توقف عن العبور.





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في الفصل السابق باشرنا شرح المقصود من المنطق الكمبيوترى وعرضنا بصورة خاصة لمفهوم الجبر البولي والبوابات المنطقية وكيفية عملها وتصميمها. وفي هذا الفصل نتابع شرح المنطق الكمبيوترى متناولين طريقة ربط البوابات بعضها ببعض بقصد القيام بالعمليات الحسابية.

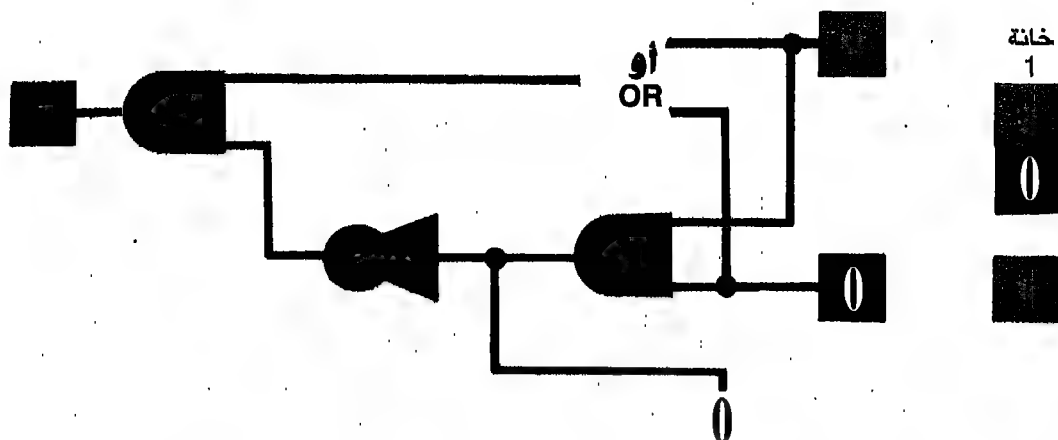
## الفصل الثالث عشر المنطق الكمبيوترى ٢

هذان النوعان من الدارات يمكنان الكمبيوتر من القيام بعمليات الجمع الثنائية. ثم، وبقليل من التعديل، يسمحان كذلك بالطرح والضرب والقسمة.  
والنوع الايسر بينهما هو بالطبع الجوامع النصفية التي تستطيع جمع رقمين إصبعيين (Digits) ثنائيين، وإظهار النتيجة مع أي رصيد قد يتبقى. ولكنها لا تستطيع التعامل مع

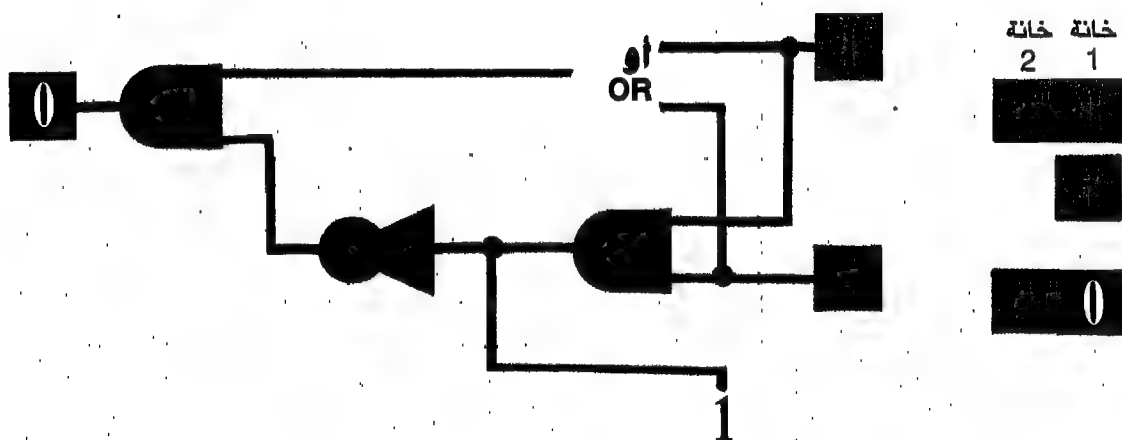
النتيجة مع أي رصيد قد يتبقى. ولكنها لا تستطيع التعامل مع

### ربط البوابات المنطقية ببعضها

يمكن ربط البوابات المنطقية و، أو، لا ببعضها البعض لتشكيل نوعين من الدارات الالكترونية والتي يطلق عليها اسم جوامع نصفية (Half-Adders) وجوامع كلية (Full-Adders) على التوالي.



الرسم رقم ١



الرسم رقم ٢

خانة	خانة	خانة	خانة
8	4	2	1

0			0
---	--	--	---

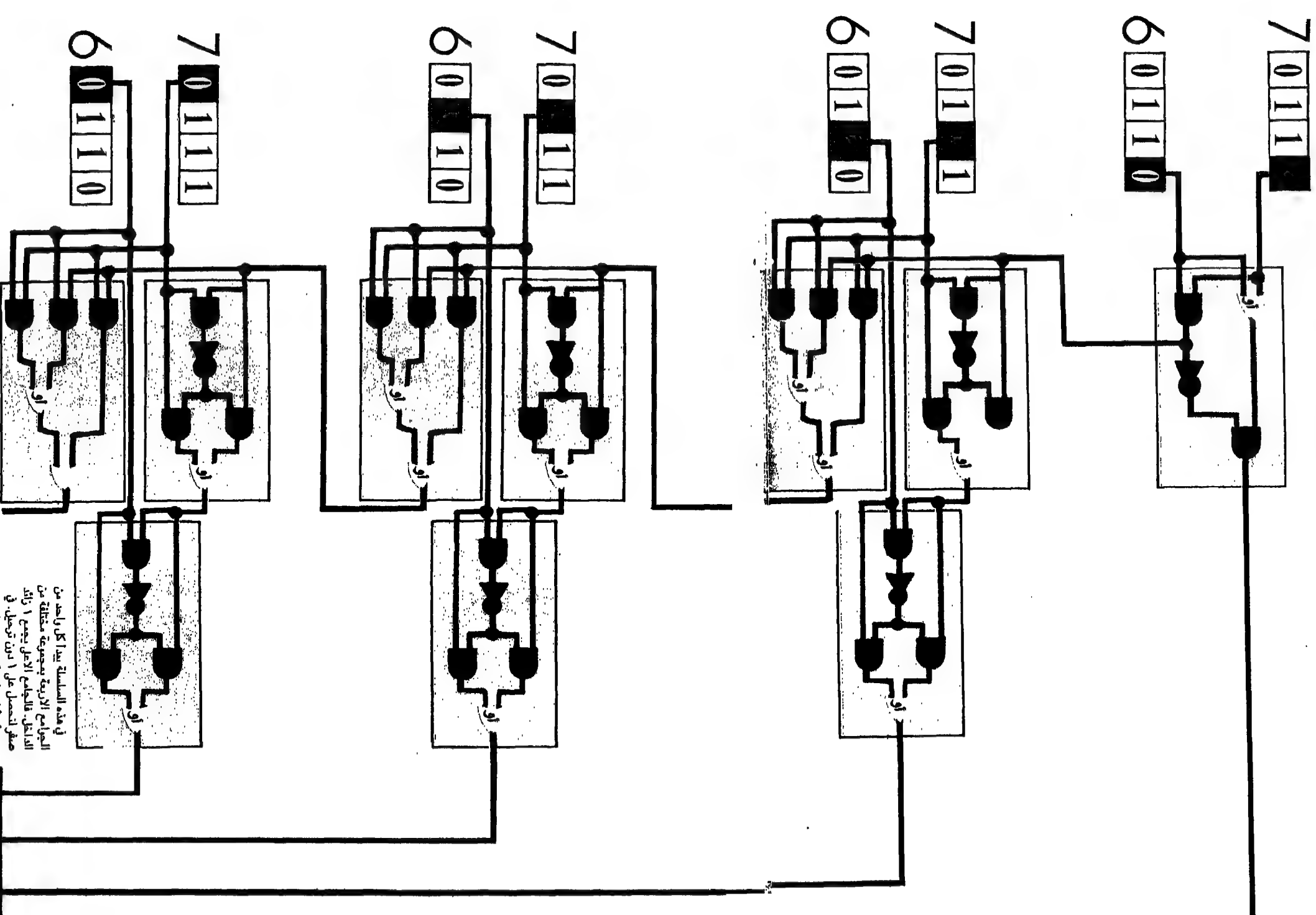
0
---

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 6 \\ \hline 13 \end{array}$$

صلا لا شك فيه أن جمع أرقام ثنائية وعشرية متكافئة يعطي نتائج متطابقة بما في ذلك أرقام مرحلة من خانات إلى أخرى، وبما أن 7 تساوي الرقم الثنائي 0111 و 6 تساوي الرقم الثنائي 0110 فإن مجموع 6+7 يساوي 13 ومطابقة للثاني من مجموع 0110+0111 أي الثاني 1101.

### الجوامع المتسلسلة

وكما أن البوابات المنطقية تجتمع لتشكل جوامع، فيالامكان كذلك ربط الجوامع المتفرعة بعضها إلى البعض الآخر لتشكل ما يسمى جامع مسلسل (Cascading Adder) وهو أسلوب يعتمد جامعا واحدا لكل زوج من البتات في مسألة ما. في النموذج أدناه لدينا رقمان كل منهما مؤلف من ٤ بتات يتم جمعها بواسطة مسلسل مؤلف من ٤ جوامع. أولها جامع نصفى لاأني البتات رتبة والتي يمكن جمعها من دون تحويل. والثلاثة الباقية هي جوامع كاملة. مثل هذه التسلسل يمكن تمديدتها وإمالتها حسب الحاجة ويقدر ما يسمح النظام المختار للعمل بقولها وحلها.



واحدة إلى الجامع التالي وهكذا حتى نهاية السلسلة.

أو 13. ونلاحظ أنه في كل مرحلة من مراحل الجمع يحصل فيها تحويل قارئ الرقم المرسل بعيدا المسألة درجة

نتيجة ١ ويحول ١. أما آخر جامع كي قديع صفرين مع الرقم المرسل لنحصل على ١. وتكون النتيجة 1101

في هذه المسألة يبدأ كل واحد من الجوامع الأربعة بمجموعة مختلفة من الداخل. فالجامع الأول يجمع ١ وأنك صفر لنحصل على ١ دون تحويل. في حين أن أول جامع كي يجمع واحدتين ويصلي نتيجة صفر ويحول ١. والجامع الكلي التالي يجمع واحدتين أيضا ولك ١ المرسل قبلا ويصلي

تمرر فولطا كهربائيا عاليا او الرقم الثنائي ١. وأما اللون الاسود، فيمثل الاسلاك التي تمرر فولطا كهربائيا منخفض الرقم صفر الثنائي. اما نقاط تقاطع الاسلاك، حيث يتم ت التيار الوارد من داخل ما الى بوابتين أخرتين او أكثر، فلما بالاسود.

رقم اصبعي ثالث مرّجل من رصيد لعملية سابقة. ولهذا فإن استعمالها يقتصر على الجمع في الخانات (الاعمدة) الاولى فقط من سلسلة جمع منطقية لا يتبقى فيها ارقام للترحيل الى خانات ثالثة.

بالمقابل فإن الجوامع الكلية تستطيع أن تتعامل مع رقمين اصبعيين وترحيل ما يتبقى لاستعماله في أي مكان آخر من السلسلة.

ولا يوجد هناك نسق واحد محدد للعناصر المنطقية التي

تشكل هذه الدارات، بل هناك ترتيبات مختلفة لتشكيل

البوابات. (والجدير بالذكر أن بوابة او كافية بحد ذاتها للقيام بثلاثة أرباع المهام المطلوبة من جامع نصفي نظرا الى أنها تمرر صفر عندما يكون الداخلان صفر أو ١ فقط عندما يكون أحد الداخلين ١. لكن، وليسوء الحظ، فإن بوابة او، التي تمرر ١ عندما يكون أحد الداخلين ١، تعطي أيضا ١ عندما يكون الداخلان ١، وليس صفر كما لو أنها عملية جمع في النظام الثنائي، حيث داخلان ١ ينتجان صفر، ثم ١ للترحيل). والواقع أنه يكفي أن يعطينا الترتيب الذي اخترناه للبوابات الرقم ١ أو صفر وذلك حسب مقتضى الحال لاجراء جميع المهام الحسابية والمنطقية المطلوبة.

والرسوم الثلاث (٢١ و٢٢) المنشوران على صفحة ٣١ والرسم (٣) المنشور أدناه تبين أبسط انواع المخططات المعتمدة للبوابات وأقلها تعقيدا. وتمثل الخطوط الحمر الاسلاك التي

الرسم رقم ٣

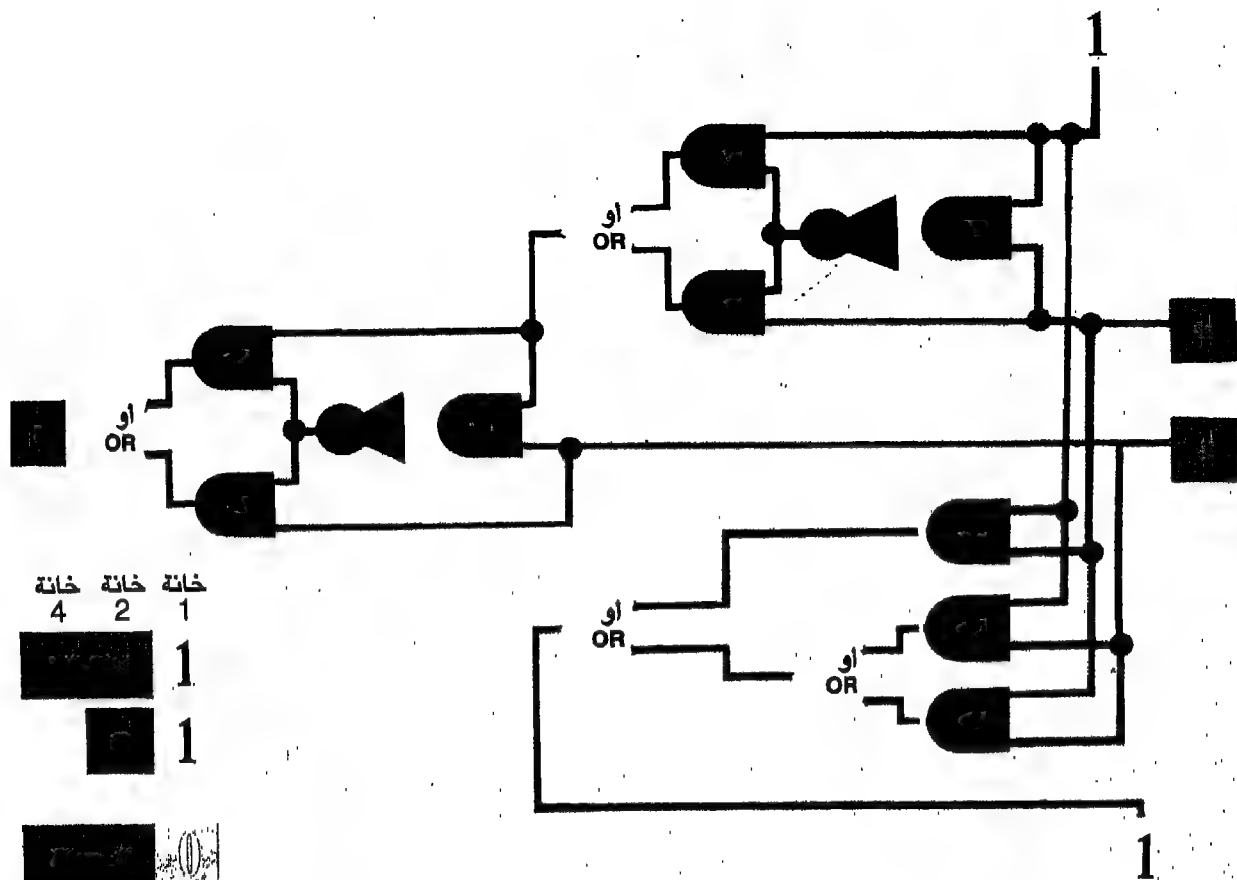
الرسمان (٢١ و٢٢) منشوران على ص ٣١ جامعان نصفيان كل منهما مؤلف من بوابة او و لا و و يوضحان كيف يتم جمع رقمين اصبعيين ثنائيين. النموذج الاعلى يمرر التيار من داخلين احدهما صفر والاخر ١ عبر بوابتي او وبوابة و الاولى. تمرر بوابة او الرقم ١ الى بوابة و فتعطي الاخيرة صفر. عندئذ تتولى بوابة لا عكس الصفر الى ١ والذي يلتزم مع ١ المعطى قبلا من بوابة او ليصير داخلا في بوابة و الثانية فتعطينا هذه نتيجة ١ دون أية بقية.

أما الجامع السفلي فيتبع الاجراءات نفسها لجمع ١ مع ١ ويبقى ١ للترحيل.

الرسم (٣)

نحتاج الى جامع كلي لمعالجة عمليات الجمع التي تحوي ارقام مرّحلة. في المثال التالي جرى ترتيب البوابات في ثلاث وحدات مستقلة بقصد إيضاح أسلوب عملها. تتو الوحدة العليا معالجة الارقام المر وارقام الـ ١ التي تشكل داخلا وتعطي صفر، والذي يمر بدوره الى الوحدة الاخيرة (الجانبية) لتعال مع الداخل الآخر وتعطي الرقم ١ كنتيجة.

أما الوحدة السفلي فتعالج كلا ارقام الداخل والارقام المرّحلة لا، الرقم ١ والذي يمر بدوره الى خط الترحيل.

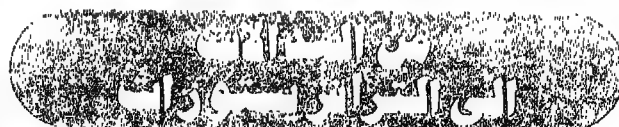
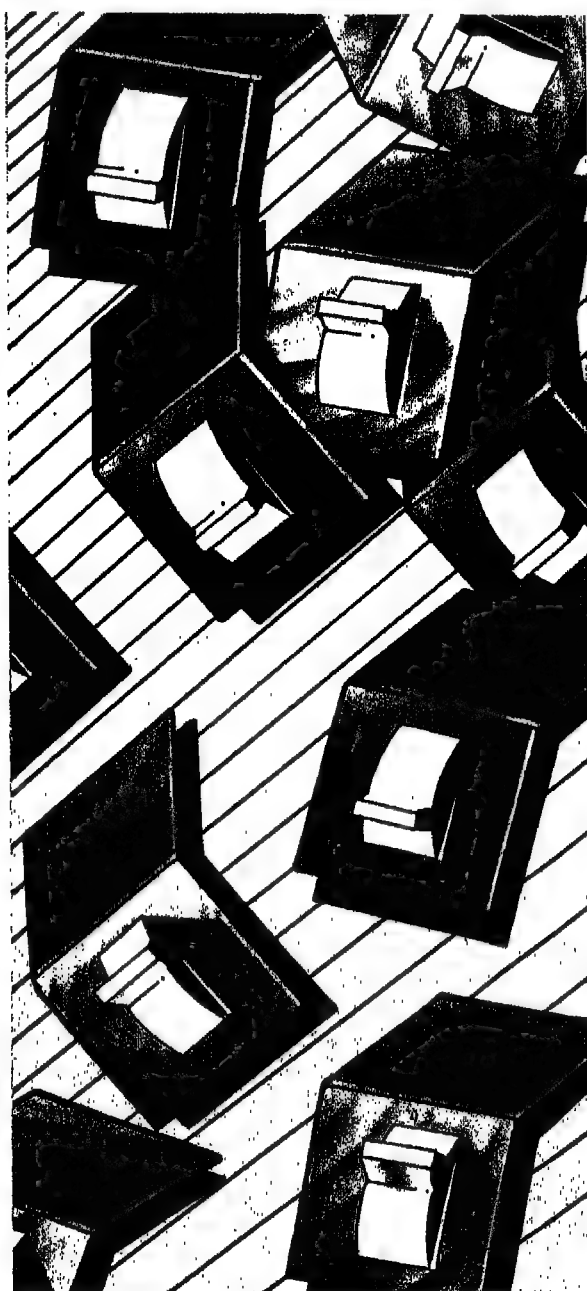




ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	البيانات	التأهيل	الطريفات

ذكرنا في الفصل ما قبل الأخير أن للجبر البولي ثلاث عمليات أساسية وهي، و، أو، لا،  
تُستعمل للجمع والطرح والضرب والقسمة وكذلك لمقارنة الأرقام والرموز بعضها ببعض،  
وشرحنا طريقة عمل الجبر البولي وخاصة «البوابات المنطقية»، كما ذكرنا أن الجبر البولي يسمح  
بالتعامل مع الفرضيات المنطقية أي العبارات التي يُحتمل أن تكون إما صحيحة وإما خاطئة. وفي  
هذا الفصل نبيّن كيف تتم معالجة الفرضيات المنطقية على نحو رقمي ثنائي.

## الفصل الرابع عشر الدارات الثنائية ١



في النظام الإلكتروني الثنائي توجد، كما عرضنا مراراً، حالتان لا ثالث لهما  
يتعامل معها الكمبيوتر وهما في مختلف أحوالهما إما «مفتوح أم مغلق» أو «صحيح  
أم خطأ» أو «نعم أم لا» أو «واحد أم صفر».

فعندما نريد التعامل مع الفرضيات المنطقية فإننا نعتمد فرضيتي صح أم خطأ.  
فإذا تكون الفرضية صحيحة أم خاطئة ولا يوجد حل وسط. أي لا يوجد نصف  
صحيح ولا نصف خطأ. ولا ثلاثة أرباع صحيح ولا ربع خطأ. والبدالة هي إما  
مفتوحة أو مغلقة، أي إما ١ أو صفر.

لذلك فعندما تكون العبارة أو الفرضية صحيحة فإننا نقول إن قيمتها واحد وإذا  
كانت خاطئة فنقول إن قيمتها صفر. وعلى سبيل المثال إذا قلنا إن «الماء رطب»  
نستطيع أن نعبر عن ذلك بما يلي:  $1 = \text{الماء رطب}$ . ولما كانت هذه الفرضية  
صحيحة أي أن الماء هو رطب حقاً، فإننا نكتب الفرضية على الشكل التالي:  $1 = 1$ .  
[ينبغي أن نلاحظ هنا أن ١ لا يعني نصف ٢ أو ثلث ٣ بل كياناً واحداً غير قابل  
للتجزئة ويمثل قيمة منطقية للفرضية الصحيحة].

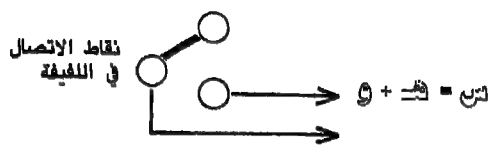
وإذا قلنا إن «الثلج أسود» نعبر عن هذه العبارة بما يلي:  $ب = \text{الثلج الاسود}$ .  
ولما كانت هذه الفرضية غير صحيحة فإننا ندونها على الشكل التالي:  $ب = \text{صفر}$ .  
وعندها تكون لدينا فرضيتان  $1 = 1$  و  $ب = \text{صفر}$  وبالتالي تكون عندنا قيمتان لا  
ثالث لهما: الواحد والصفر.

وإذا تقدّمنا مرحلة إلى الامام نطرح السؤال التالي: هل صحيح أم خطأ القول  
بأن الماء رطب والثلج أسود. إن مثل هذا السؤال هو فرضية مدمجة. وكما نحصل  
على نتيجة صحيحة لمثل هذه العبارة المدمجة (١ب) ينبغي أن يكون الجواب ١.  
ولكننا نعرف أنه في حين أن  $1 = 1$  فإن  $ب = \text{صفر}$ . إذن فإن  $١ب = \text{صفر}$ . ومعنى  
ذلك أن الفرضية غير صحيحة.

ولكننا إذا أدخلنا عنصر أو فإنه يوفر لنا مجالاً للتعاظم مع هذه الفرضية  
الدمجة بصورة مختلفة. عندها نستطيع أن ندمج العبارتين والخروج بجواب  
صحيح. كيف؟ نقول إذا كانت إحدى العبارتين ١ أو ب صحيحة فالعبارة إذا  
صحيحة مثلاً «إذا كان الماء رطباً أو الثلج أسوداً فعندها ارتدي الحذاء». ولذلك  
فإن أو توفر مجالاً واسعاً للتحليل المنطقي.

وهناك نوعان من أو. الأول نوع يطلق عليه «أو الضمنية» (Inclusive  
OR) والذي يمكننا من وصل عبارتين. فإذا كان أي من العبارتين أو كلاهما  
صحيحاً فالعبارة صحيحة. وهكذا فإن ١ أو ب  $= 1$  إذا كان  $1 = 1$  أم  $ب = 1$  أو  
كلاهما  $= 1$ . في الجبر البولي نكتب ١ أو ب على الشكل التالي: «١+ب»  
[وإشارة + هنا لا علاقة لها بمفهوم زائد في الرياضيات].

وأما النوع الثاني من أو فهو النوع المعروف بـ «أو الحاصرة» (Exclusive

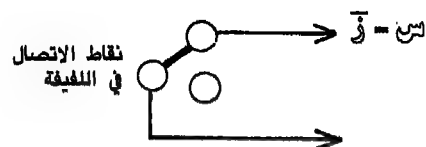
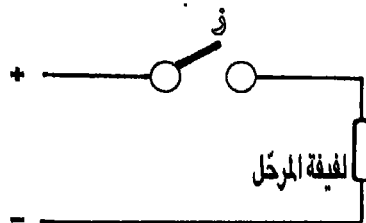


جدول الصحة

س	و	و + س
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الرسم رقم (٣) يفسر طريقة عمل لا النافية فنلاحظ أنها تقوم بالفعل بعملية تحويل أو قلب، أي تحوّل الواحد إلى صفر والعكس بالعكس لذلك فالأصح أن يطلق عليها لا العاكسة. ويبين جدول الصحة احتمالات العكس. وهناك حالات عديدة تنشأ فيها الحاجة إلى عكس وظيفة ما إلى ما يقابلها. في هذه الحالة نقول أنه إذا كانت  $1 = 1$  فإن 1 ينبغي أن تساوي صفرًا نظرًا إلى أن الواحد والصفر هما القيمتان الصحيحتان المسموح التعامل بهما. لذلك فإذا كان صحيحًا القول بأن «الماء رطب» فإن «ليس صحيحًا القول بأن الماء ليس رطبًا». وكلتا هاتين عبارتان صحيحتان.

رسم رقم ٣ | بوابة



جدول الصحة

و	و
0	1
1	0

## تطور البدالة

كانت البدالة في أول عهدها تعتمد على مرّحل (Relay) كهرومغناطيسي. ولذلك كانت بطيئة. وقد أدى ذلك، إلى جانب حجمها الكبير وسهولة عطبها وتوليدها العالي للحرارة، إلى البحث عن بدالة أفضل، فقد كان الكمبيوتر «إينياك» (ENIAC)، وهو أول كمبيوتر، يولد حرارة شديدة بسبب كثرة بدالاته المصنوعة من الانابيب

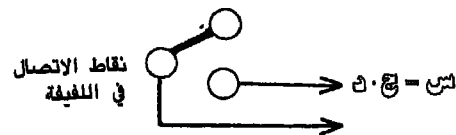
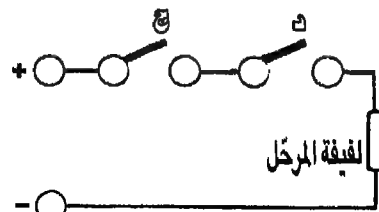
(OR) وتكتب معادلته على الشكل التالي:  $1 \oplus 1$ . وتستعمل أو الحاصرة في الحالات التي تكون فيها عبارة واحدة من العبارتين فقط صحيحة لا الاثنتان معاً. إلى جانب و أو هناك أيضاً لا. هذه الأخيرة تستعمل للنفي ويصح أن نطلق عليها لا النافية. نقول مثلاً «صمام الأمان هو لا مغلّق» أم أن «المخزن لا ممتلئ». ويرمز إلى لا النافية بالحرف الذي يمثلها وفوقه «مُدَّة» مثل أ تصبح آ.

ولنتنقل الآن إلى بعض الرسوم التوضيحية:

الرسم رقم (١) يشير إلى بدالتين ج و د تعملان على بوابة و حيث ج تعني أن «صمام الأمان مغلّق» و د تعني «الخزان ممتلئ». وعلينا في هذا المثال تفريغ محتويات الخزان شرط أن يظل صمام الأمان مغلقاً ويكون الخزان ممتلئاً أي ينبغي أن يكون ج = 1 و د = 1. وهناك بوابة س عند نقطتي اتصال تنغلّقان وفق معادلة قوامها س = ج. د. أي أنه عندما تنغلّق ج و د تنغلّق س. فما هي احتمالات تفريغ الخزان؟

والجدول أدناه المعروف بجدول الصحة (Truth Table) يوضح الاحتمالات، كما يوضح الرسم تركيب الدارة الكهربائية.

رسم رقم ١ | بوابة و

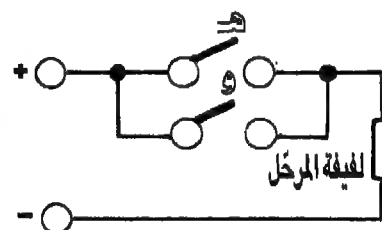


جدول الصحة

س	د	د + س
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

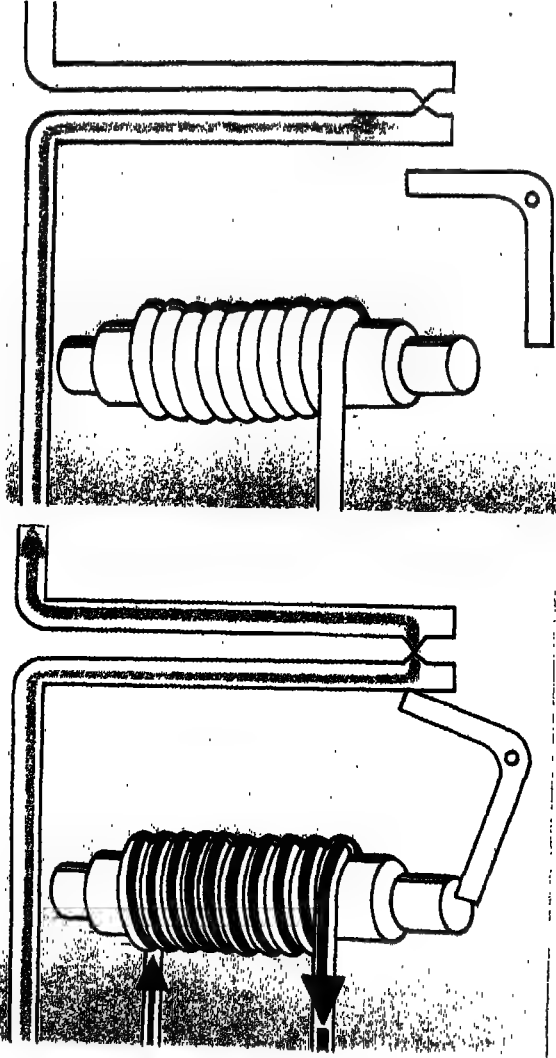
الرسم رقم (٢) يفسر طريقة عمل بدالة أو حيث يمكن أن نباشر بالعملية عندما تكون أ أو ب أو كلاهما مساويين لـ 1. وبدوره فإن جدول الصحة يبين احتمالات ذلك.

رسم رقم ٢ | بوابة أو





## المحول الكهربائي ميكانيكي (Electromechanical Relay Switch)



اعتمدت الكمبيوترات التجريبية الأولى - مثل «مارك ١» (Mark 1) - بدالات قوامها محول كهربائي ميكانيكي من النوع الذي كان واسع الانتشار في الصناعات الهاتفية. فحينما كانت البدالة مفتوحة (فوق) كان التيار ينقطع. ولكن حينما كان تيار خفيف يمر عبر السلك الملفت حول قضيب من الحديد (تحت) فإن تياراً مغناطيسياً يتولد ويجذب أحد طرفي محور زاوي الشكل فيضبط الطرف الآخر للمحور على نقطتي اتصال مغلقتاً بذلك الدارة الكهربائية ومتيحاً المجال لعبور التيار.

المرحل Relay في الراديو يستعمل لأعادة البث الإذاعي. والمرحل في الاتصالات يستعمل لتعريفه اشارات الاتصال من واحدة الى اخرى، والمرحل في الكهرباء يستعمل لوصل او قطع اتصال او أكثر في الدارة.

المفرغة الى درجة انه كان يلزم تبريد المكان بالمراوح باستمرار. ومع ذلك فقد كانت حرارة الغرفة ترتفع الى ٤٩ درجة مئوية . وقد وجد الخبراء ضالتهم في بدالات مصنوعة من مواد موصلية جزئياً يطلق عليها ترانزيستورات. وهي دقيقة الحجم طفيفة الوزن ورخيصة الثمن. والاهم ان ليست فيها أية أجزاء متحركة قابلة للعطب مما يجعلها تخدم مدى الحياة اذا ما وضعت ضمن دارات حسنة التصميم. هذه الترانزيستورات تمتاز كذلك بقدرتها الكبيرة على التبديل (Switching) وذلك بمعدل ألف مليون مرة في الثانية الواحدة. وبالنظر إلى صغر حجمها فإن مئات منها يمكن ان تدمج في دارات صغيرة الحجم. ولإعطاء فكرة عن صغر حجمها فإن الخبراء يستطيعون ان يجمعوا كل الدارات الكهربائية لكمبيوتر «اينياك» والتي كانت تتألف من ١٧,٤٦٨ أنبوباً مفرغاً وتستهلك مساحات شاسعة في رفعة لا تتعدى ورقة اللعب.

والبدالة المثالية هي تلك التي تمتاز بدرجة مقاومة للتيار الكهربائي بين قطبيها لا تتعدى حدود الصفر (أي صفر مقاومة) حينما تكون في وضعية «مشغل»، ومقاومة قصوى لا نهائية حينما تكون في وضعية «مطفأ». وتستطيع في الوقت نفسه ان تتحول من وضعية «مطفأ» الى «مشغل» والعكس بالعكس في صفر زمن. مثل هذه البدالة لا تبدد أية طاقة لان التيار العابر فيها هو إما صفر عندما تكون البدالة «مطفأة» أو في حدود صفر فولت حينما تكون مشغلة. وهذا ما يوفره نسبياً الترانزيستور الذي «لربما يعتبر أهم اختراعات القرن» والذي يخضع حالياً لتجارب مكثفة لزيادة فعاليته على النحو الذي تحدثنا عنه. وفيما يلي أبرز المراحل التطورية للبدالة:

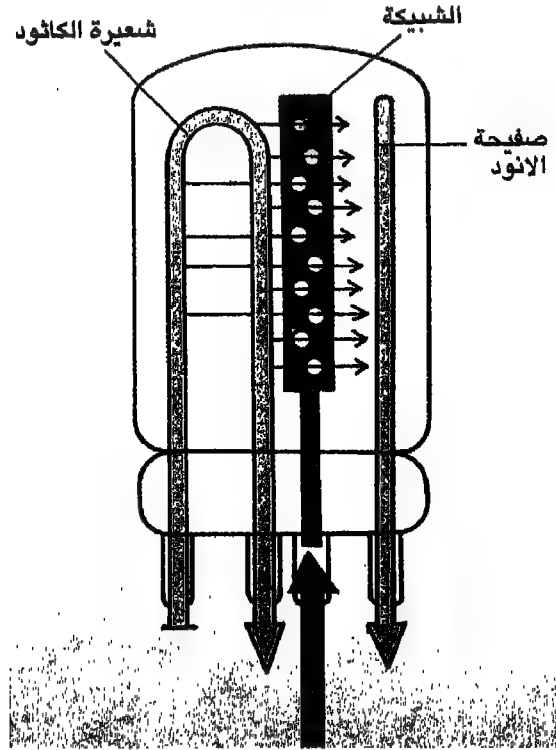
## البدالة الميكانيكية (Mechanical Turn Switch)



في القرن التاسع عشر، أي عشية ظهور الكمبيوتر، اعتمدت بدالة ميكانيكية تدار باليد ولا تزال تشكل الأساس النظري لجميع بدالات اليوم حتى الترانزيستورية منها. فحركة فتل بسيطة تنتقل البدالة الأساسية إلى اتجاه «مشغل» نتيجة اتصال المحور المعدني (اللون الأزرق) إلى اتجاه الدارة بين نقطتي الاتصال مما يتيح المجال للتيار (اللون البرتقالي) بالمرور.

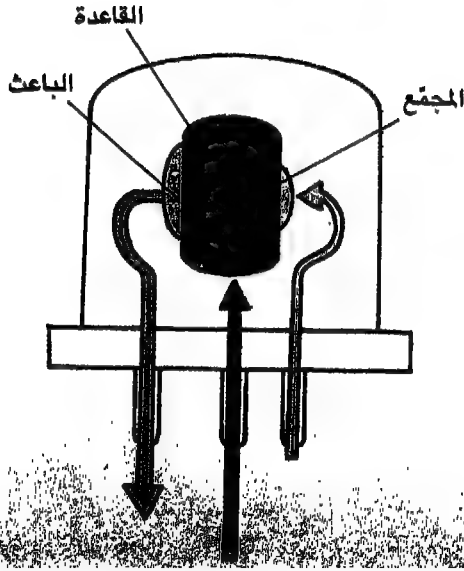
## الانبوب الإلكتروني الثلاثي الصمامات ١٩٠٦ (Triode Electron Tube)

عرف هذا النوع والمستعمل في أوائل القرن العشرين بالانابيب المفرغة وقد اعتمد للكمبيوترات الأولى التي نزلت إلى السوق كإينياك. وكان يلزم الآلاف من هذه الانابيب لعمل الكمبيوتر. أما مبدأ عملها فهو التالي: توجه شحنة موجبة إلى الشبيكة (Grid)، وهي الصفيحة المعدنية المثقوبة، لتحفز الإلكترونات المشحونة بالكهرباء السالبة إلى الاندفاع بين أنبوب الكاثود (Cathode) السالب المصنوع من شعيرة معدنية وأنبوب الأنود (Anode) الموجب المصنوع من صفيحة معدنية متمما الدارة ومتيحاً للتيار المرور. وبينما يتم شحن الأنبوب بالكهرباء السالبة فإن الشبيكة ترد الإلكترونات فينقطع بذلك التيار.



## الترانزستور التقاطعي ١٩٤٨ (Junction Transistor)

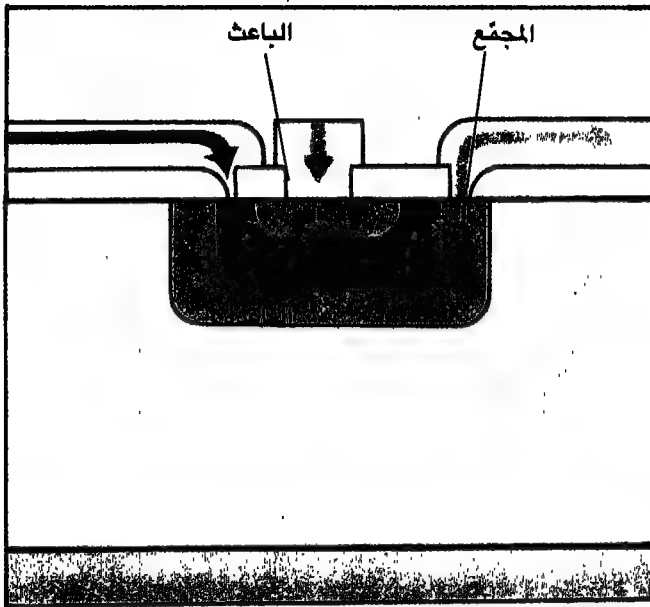
هو بدالة لا يزيد حجمها عن حبة البازيلا مما يعطينا فكرة عن التطور الكبير الذي بلغته صناعة البدالات. يشغل ويطلق عن طريق تداخل ثلاث طبقات من الجرمانيوم وهو عنصر فلزي نادر تعالج كل طبقة منه معالجة خاصة لتقوم بإدائها المختلف. الباعث (Emitter) والمجمع (Collector) يعملان ليحررا مزيداً من الإلكترونات. أما القاعدة (Base) فتعالج كي توفر مزيداً من الثقوب أو حاملات الشحنات الموجبة. فحينما تصل شحنة موجبة (اللون الأزرق)



إلى القاعدة تدفع بالإلكترونات والثقوب إلى التحرك فتحمل الإلكترونات التيار (اللون البرتقالي) من الباعث إلى المجمع لتكتملة دورة الكهرباء.

## الترانزستور المسطح ١٩٥٩ (Planar Transistor)

ترانزستور مماثل للترانزستور التقاطعي طوله لا يتعدى جزءاً من مئتين من البوصة. ويبدو في الصورة في مقطع عرضي. أما مبدأ عمله فهو قيام شحنة موجبة مرسله إلى القاعدة بامرار التيار من الباعث إلى المجمع. ويلاحظ أن هذا التصميم المسطح يسمح بوضع عشرات الترانزستورات جنباً إلى جنب مع المقاوم (Resistor) والمكثف (Capacitor) على الوجه نفسه لشريحة السيليكون.





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	المدارات	التأهيل	الطرقيات

بدأنا في الفصل السابق شرح الدارات الثنائية ودورها في الكمبيوتر القائم على معالجة الفرضيات المنطقية على نحو رقمي ثنائي؛ كما استعرضنا مختلف أنواعها وتطورها ابتداءً بالمرحل وانتهاءً بالترانزيستور المسطح الذي يُعتمد اليوم، وفي هذا الفصل نعرض الطريقة التي تعمل فيها البدالة الترانزيستورية ناقلة التيار من قطب إلى آخر مُحَوَّلة الصُّفر إلى واحد والمُطَفَأ إلى مُشغَل في عملية محورية بالنسبة للكمبيوتر.

## الفصل الخامس عشر الدارات الثنائية ٢

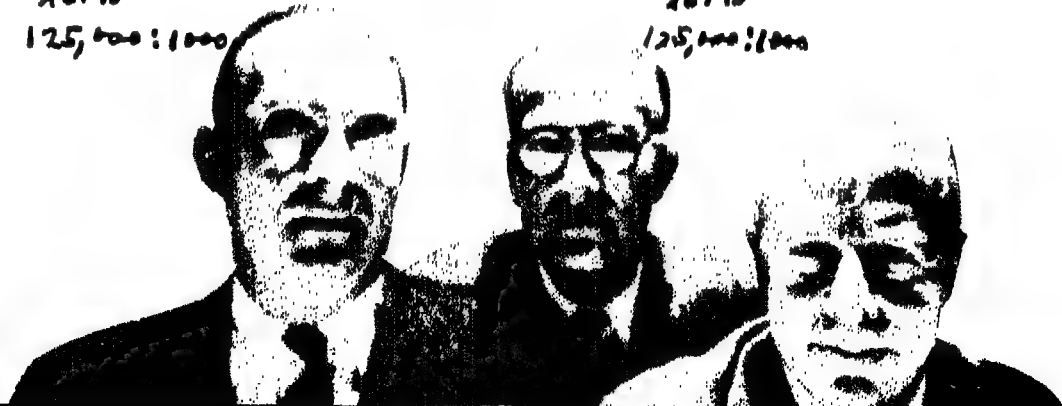
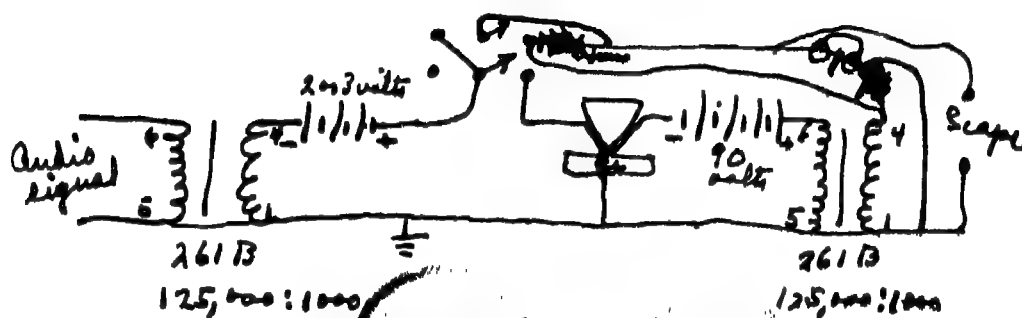
ورغم ان كمية الجرمانيوم التي يحتويها الترانزيستور لم تكن تتعدى ٨ على عشرة الاف من الاونصة فإن ثمنه كان اغلى من الذهب. فأدى اختراع تيل الى ثورة اقتصادية في صناعة الترانزيستورات.

وفي العام ١٩٥٢ سعى عالم رادار بريطاني يدعى دامر (G.W.A. Dummer) الى جمع الترانزيستور نفسه مع المكثف والمقاوم على شريحة واحدة تصف ناقلة. لكن جهوده باءت بالفشل ولكن حلمه تحقق على يد عالم اميركي. لم يكن على علم بمشروع دامر.

هذا العالم هو جاك سانت كلير كيلبي (Jack St. Clair Kilby) الذي تخرج للثمن جامعتة. وقد استطاع كيلبي عام ١٩٥٨ ان يصنع الدارة المدمجة اي دمج الترانزيستور مع المكثف والمقاوم على الشريحة نفسها محدثاً ثورة في الترانزيستورات. وقد وصف اختراعه بقوله «اني كسول ولم اكن اتحمل رؤية الفنيين منهمكين في وصل جميع هذه الاجزاء الى بعضها البعض كي تعمل. لذلك دمجتها». وليست هذه المرة الاولى التي يدين فيها العالم بالفضل الى كسول.

### آباء الترانزيستور

لمن يدين العالم باختراع الترانزيستور؟ هناك ثلاثة علماء تم على ايديهم اختراع الترانزيستور في اوائل الخمسينات وهم (من اليسار الى اليمين في الصورة ادناه) «جون باردن» (John Bardeen) و «وليم شوكلي» (Walter Brattain) و «والتر براتين» (William Shockley) وكانوا يعملون في مختبرات بل الشهيرة وقد نالوا جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٥٦ لاختراعهم هذا. اما الرسم الذي يعلو صورهم فمأخوذ من دفتر مسودة للدكتور براتين وهو تصميم وضعه للترانزيستور عام ١٩٤٧. على ان شوكلي هو الذي نجح في صنع الترانزيستور عام ١٩٥٠. وفي منتصف الخمسينات استطاع عالم يدعى غوردن تيل (Gordon Teal) يعمل في شركة «تكساس انسترومانتس» صنع ترانزيستور تقاطعي مصنوع من السيليكون عوضاً عن الجرمانيوم النادر الثمين.



## كيف تعمل البدالة الالكترونية؟

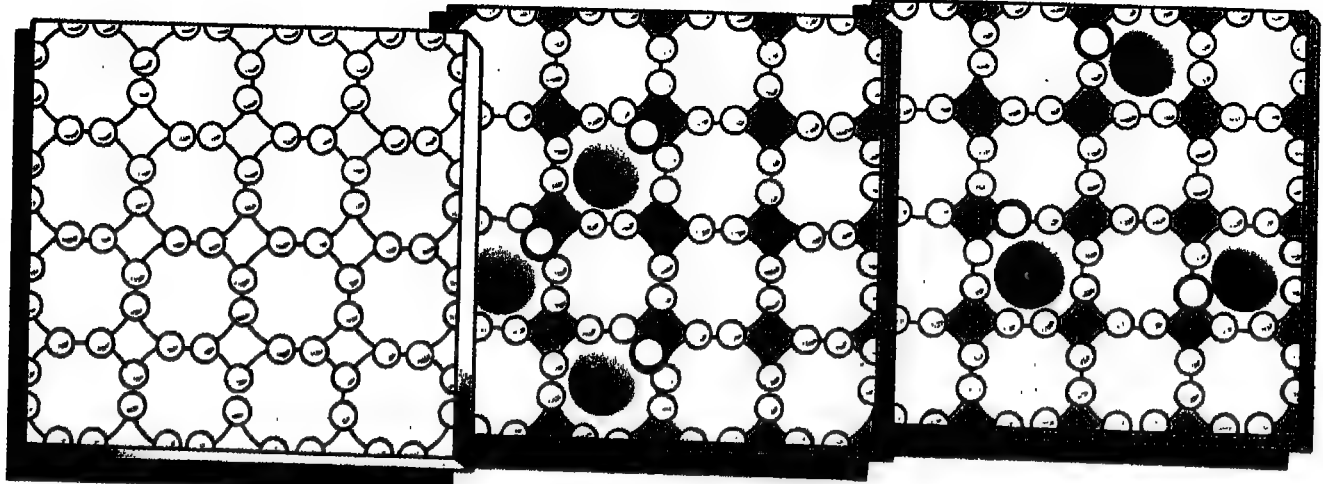
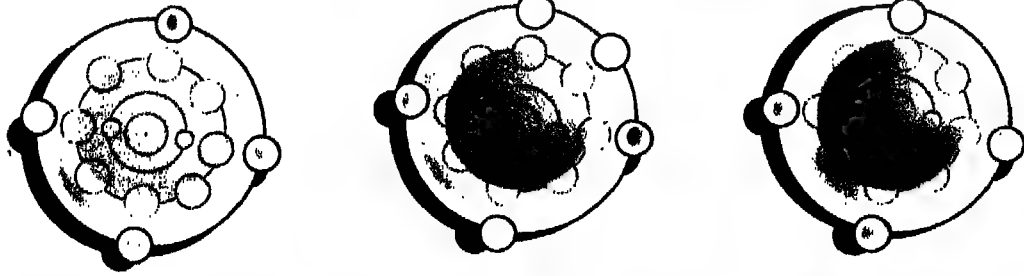
الارض بعد الاكسجين. وهي، كأنصاف النواقل الاخرى،  
نقية في حالتها البلورية وغير حرة الالكترونات لنقل التيار.  
ولكننا حينما نستبدل بعض ذراتها بذرات من الفوسفور ذات  
الالكترونات الخارجية فان الالكترونات الناقلة تصبح حرة  
لاستجابة للتيار.

ونظرا الى ان الالكترونات تحمل شحنات سالبة فان  
السيليكون المدام بالفوسفور يطلق عليه اسم «نصف ناقل  
صنف - س» (اي سالب). في حين ان ادمام السيليكون  
بالالمنيوم ذي الالكترونات الخارجية الثلاثة يحدث ثقوبا على  
السيليكون وهي ليست ثقوبا بالمعنى الحر في الكلمة وانما  
مساحات من السيليكون ناقصة الالكترونات تستقر فيها  
شحنات موجبة تماما مثلما يستقر الهواء في الفقايع وسط  
الماء.

وحيثما يتم وصل قطعتي السيليكون بصورة تقابلية  
(Butting) اي نصل قسما مداما بالالمنيوم «صنف - م» (اي  
موجب) مع مقابله من «صنف - س» أي المدام بالفوسفور  
يتكون عند نقطة الاتصال تقاطع (Junction). ان اتجاه  
الالكترونات والثقوب عبر هذا التقاطع هو الذي يمرر التيار او  
يوقفه.

أبسط انواع البدالات الكمبيوترية الترانزيستور التقاطعي  
(Junction Transistor) الثنائي الصمامات (Diode). واساسه  
تقسيم مادة نصف ناقلة الى قسمين مختلفين قسم لنقل التيار  
وأخر لوقف سريانه. اما انصاف النواقل فهي مواد بلورية تقع  
درجة مقاومتها للكهرباء في مرحلة وسط بين النواقل الجيدة  
كالنحاس والالمنيوم والعوازل الكلية للكهرباء كالمطاط والزجاج.  
وفي الظروف العادية تتصرف المواد نصف الناقلة مثل  
المواد العازلة اي انها لا تنقل الكهرباء لان الكترونها تكون  
مرتبطة ومشدودة بشدة حول نواها وبالتالي فهي لا تستطيع  
الاستجابة للتيار الكهربائي سالبا كان ام موجبا. ولكننا اذا  
ادخلنا بعض المواد غير النقية الى تركيب هذه المواد، نصف  
الناقلة، بواسطة عملية يطلق عليها اسم الادمام (Doping) اي  
معالجة مادة ما بمستحضر) عندها تصبح انصاف النواقل  
ناقلة ممتازة للكهرباء.

ومنذ اواخر الخمسينات كان تركيز الصناعة على مادة  
السيليكون التي تعتبر من اغزر المواد الكيميائية المتوفرة على



### السيليكون «صنف - س»

السيليكون النقي  
في بلورة سيليكون نقية تشترك  
الالكترونات الاربعة الواقعة في قشرة كل  
ذرة مع الذرات المحيطة والمجاورة لها  
مشكلة بذلك شبكة متينة لا توجد فيها اية  
الالكترونات حرة قادرة على نقل التيار.

ان الالكترون الواحد الاضافي الواقع في  
القشرة الخارجية لذرة الفوسفور يشكل  
فائضا من الالكترونات في السيليكون المدام  
بالفوسفور. عندها تصبح الالكترونات ذات  
الشحنات السالبة حرة كي تنجذب الى  
التيار الكهربائي اذا كان موجبا او تبتعد  
عنه اذا كان سالبا.

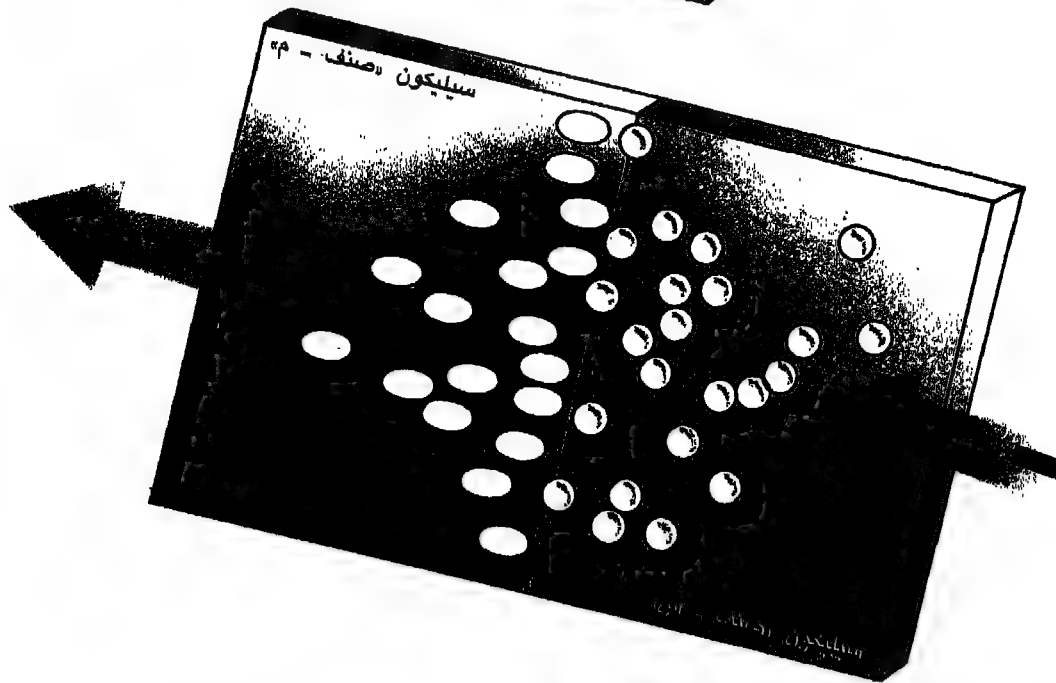
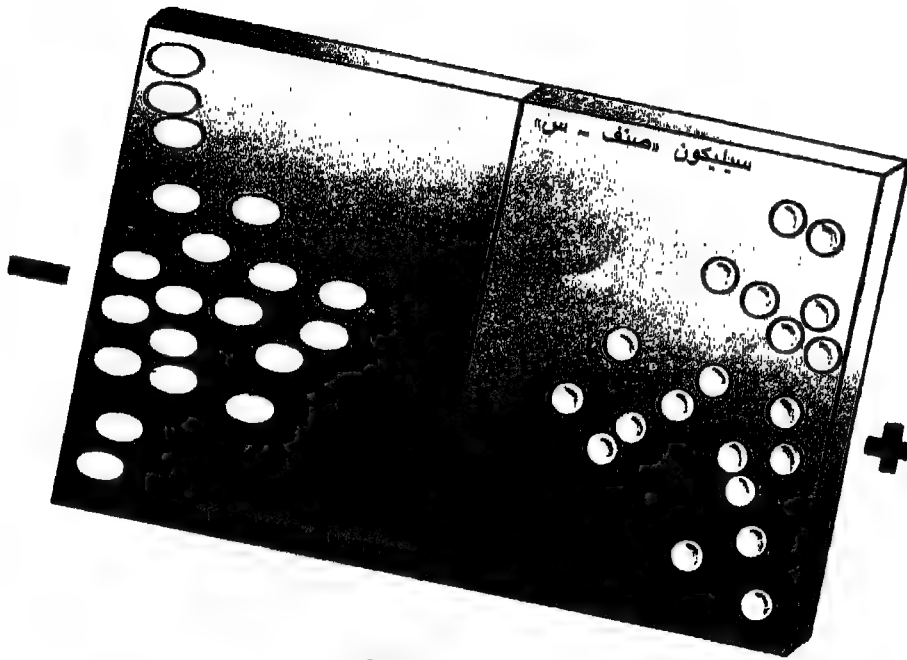
### السيليكون «صنف - م»

ان وجود ثلاثة الكترونات فقط في  
القشرة الخارجية لذرة الالمنيوم يؤدي الى  
ظهور ثقوب في السيليكون المدام بالالمنيوم.  
ونظرا الى ان الثقوب تحمل شحنات موجبة  
فانها تتجه عكس موقع الالكترونات.

## الصمام الثنائي في حالة مطفأ (Diode OFF)

يتألف الصمام الثنائي من قطعة  
سيليكون مقسمة إلى قسمين مدامين  
أحدهما «صنف - س» والآخر «صنف -  
م».

يقوم التيار الكهربائي للقطبين المتقابلين  
المتعاكسين بجذب الإلكترونات ذات  
الشحنات السالبة والثقوب ذات الشحنات  
الموجبة بعيدا عن تقاطع صنفي السيليكون  
«صنف - س» و «صنف - م» داخل  
الصمام الإلكتروني مما يحول دون مرور  
التيار.



## الصمام الثنائي في حالة مشغل (Diode on)

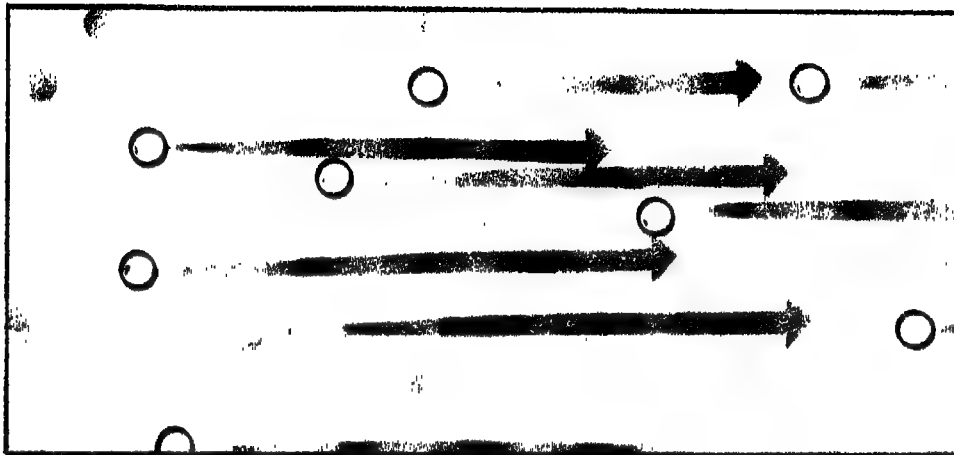
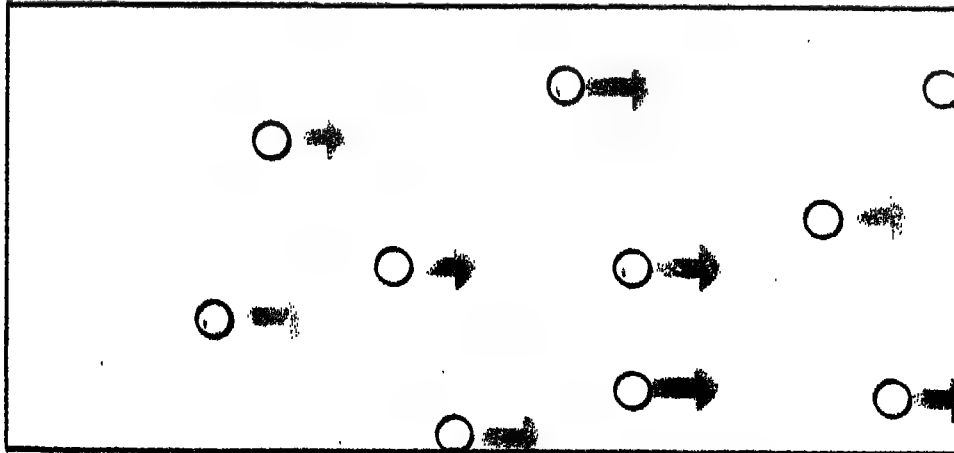
الموصل إلى سيليكون «صنف - م». ولما كان النقص في الإلكترونات في القطب السالب يخلق فراغا فإنه يؤدي إلى دخول مزيد من التيار الكهربائي مع ما يحمله من الكترونات، الامر الذي يؤدي إلى استمرار تدفق التيار.

يتحول الصمام إلى حالة مشغل حينما يتم عكس التيار الموصل إلى كل قطب من قطبي البدالة. فان تيارا سالبا موصلا بسيليكون «صنف - س» يصد الإلكترونات ويبعدها متدفقة تجاه خط التقاطع حيث تندمج مع الثقوب المصدودة بالتيار الموجب

## نصف ناقل عالي الاداء

ومن انصاف النواقل الجديدة التي نحن بصدها  
وتثير اهتمام الخبراء ارسنايد الغاليوم  
(Gallium Arsenide) المعروف بـ (GaAs) والذي ينتج  
عن دمج معدن الغاليوم «المراوغ» بسم الارسنايد. ومن  
ميزاته انه يستطيع ان يقاوم الحرارة ويستطيع العمل في  
ظل درجات دنيا من الطاقة الكهربائية مولداً بذلك سرعة  
فائقة لا تتطلب الا مقداراً ضئيلاً من التبريد.

كان من نتائج السباق نحو سرعات قصوى في  
التبديل (Switching) ان العلماء انهمكوا بصنع أنصاف  
نواقل جديدة عن طريق دمج عناصر كيميائية بطرق غير  
متوافرة في الطبيعة. من هذه النواقل ما يؤمن التبديل  
بين حالتي مطلقاً ومشغل في فترات لا تتجاوز بضعة  
أجزاء من تريليون من الثانية. وهي سرعة تفوق سرعة  
انصاف النواقل المصنوعة من السيليكون.



تنتقل الالكترونات  
ببطء عبر  
السيليكون (الرسم  
الاعلى) نسبة لما هو  
عليه في ارسنايد  
الغاليوم (الرسم  
الادنى). وفي كلتي  
البلورتين تقوم  
الالكترونات  
المشحونة بالكهرباء  
السالبة والسالبة  
في بحر من الذرات  
المشحونة بالكهرباء  
الموجبة كما لو  
كانت قطعاً من  
الفلين فوق سطح  
الماء. وبالنظر الى  
الفوارق في البيئة  
دون الذرية  
(Subatomic) التي  
تتميز بها كل من  
المادتين فان  
الالكترونات ارسنايد  
الغاليوم اخف وزناً  
وبالتالي تتمتع  
بسهولة الحركة مما  
يجعل الالكترونات  
تتسارع في حركتها  
في وسط من ارسنايد  
الغاليوم وتصل الى  
سرعات عليا عندما  
تستجيب الى فولط  
كهربائي يمرر فيها.



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

في الفصلين السابقين بدأنا شرح الدارات الثنائية وطريقة عمل البدالة الترانزستورية ناقلة التيار مُحَوَّلَة الصُّفَر إلى واحد، والمطفأ إلى مُشغَّل. وفي هذا الفصل نعرض لجهود العلماء في صُنْع ترانزستورات فائقة السرعة، والمشاكل التي تُعترض ذلك والتَّوَعُّن الرَّئيسين المُعتمدين في الكمبيوترات السريعة.

## الفصل السادس عشر الدارات الثنائية ٢

فأرسنايد الغاليوم (Gallium Arsenide) توفر سرعات فائقة، ولكنها تحتاج، بصورة مستمرة، إلى مغاطس باردة من الهليوم السائل حتى تحتفظ بقدراتها السريعة. وإن يكون اليوم الذي تستبدل فيه الدارات الالكترونية بالبدالات البصرية بعيداً، حيث تتولى إشعاعات ضوئية وظيفة البدالة المعروفة والمعتمدة اليوم.



### السرعة ومشكلاتها

من بين جميع الطرق الممكنة لزيادة سرعة الكمبيوترات ما من عنصر يشكل وعداً قريب المنال مثل التبديل (Switching) الذي يتم داخل الكمبيوتر وبموجبه يزداد معدل الانتقال من حالة إلى أخرى، من الصفر إلى الواحد، ومن السالب إلى الموجب ومن المطفأ إلى المشغَّل.

ولقد حققت الكمبيوترات ذات قدرات المعالجة المتفوقة تقدماً كبيراً في هذا المجال. فالبدالات الموجودة فيها تستطيع أن تعمل في أقل من جزء من بليون من الثانية، متيحة بذلك للكمبيوتر أن يقوم ببلايين العمليات في لحظة لا تتعدى الوقت الذي يستغرقه ضوء المصباح للانارة بعد ضغط الزر.

ولكن ذلك ليس بكاف بالنسبة للكثير من مهندسي الكمبيوترات لانهم يعتبرون هذا الانجاز دون تطلعاتهم إلى ما ينبغي أن تكون عليه سرعة الكمبيوترات. ومن أجل التوصل إلى سرعة قصوى ابتكروا عدداً من البدالات والتي ما يزال الكثير منها ضمن نطاق الخيال.

والواقع ان التوصل إلى ترانزستورات فائقة السرعة ليس بالامر اليسير. فالبدالات تعمل بطريقة التفاعل المتسلسل أي ان خارج بدالة واحدة يشكل داخل بدالة ثانية. ولذلك تعتمد السرعة على الوقت الذي تستغرقه الومضة للانتقال من بدالة إلى أخرى. فإذا كان التصميم يقضي بأن تشغل بدالة ما بدالة أخرى خلال جزء من الثانية فإنه لا ينبغي أن تكون البدالتان متباعدتين عن بعضهما البعض أكثر من حوالي ست بوصات.

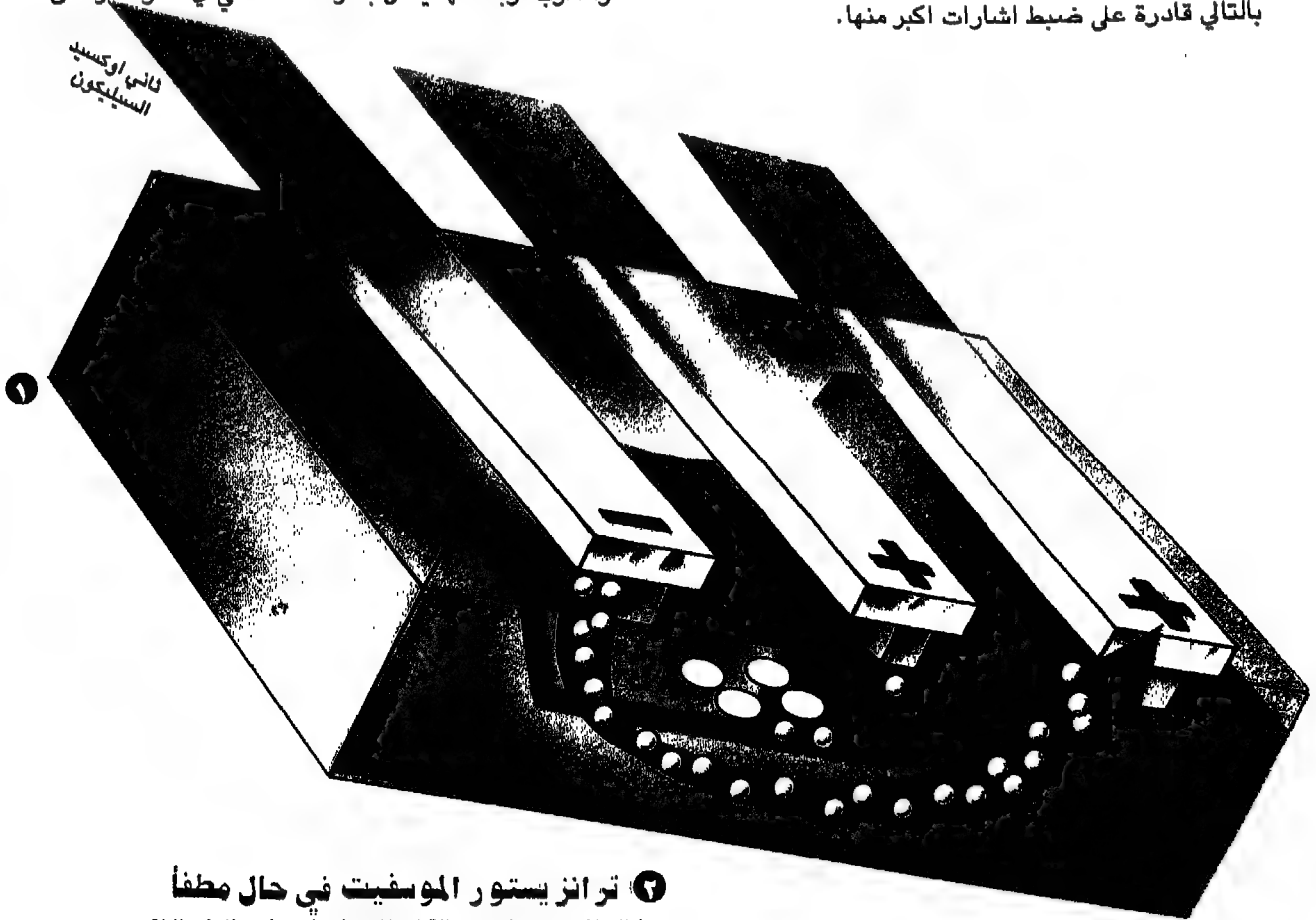
على ان التجاور بين البدالات ليس كل ما يلزم لضمان سرعة الكمبيوترات إذ ينبغي على البدالات نفسها أن تكون صغيرة الحجم بما فيه الكفاية لكي تتسع ملايين منها على شريحة كمبيوترية واحدة. وهذا الامر يثير مشكلة الازدحام وارتفاع الحرارة وبالتالي ضرورات التبريد خوفاً من أن تذيب الحرارة البدالات.

لذلك فإن السعي لتوفير بدالات أكثر سرعة وأصغر حجماً وأكثر برودة قد دفع بالمصممين إلى البحث عن تقنيات ومواد جديدة. بعض ما يفكرون فيه قد يجعل شريحة السيليكون التي نعتبرها اليوم من أبرز آيات الاعجاز من مخلفات الماضي.

## الترانزستورات الفائقة السرعة

سواء أكانت الكمبيوترات كبيرة أم حاسبات جيب صغيرة فإن ما يميزها هو سرعتها. وفي هذا المجال فهي مدينة إلى الترانزستورات، أي البدالات المصنوعة من السيليكون، والتي تعمل وفق مبدأ تضخيم الاشارات الضعيفة وجعلها بالتالي قادرة على ضبط اشارات اكبر منها.

وبصورة عامة فإن الترانزستورات صنفان: ترانزستورات ثنائية القطب (Bipolar) وترانزستورات أحادية القطب (Unipolar) معروفة بإسم «موسفيت» (MOSFET) أي ترانزستور أكسيد الحديد نصف الناقل ذو الحقل الكهربائي (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). في النوع الاول الثنائي القطب يتم نقل التيار بواسطة جسيمات متعددة في كلي القطبين، أي بواسطة الالكترونات والثقوب. وبعضها يعمل بسرعة فائقة هي في حدود جزء من



### ٢ ترانزستور الموسفيت في حال مطفاً

في الترانزستور الاحادي القطب المعروف بالموسفيت ثلاث مناطق تقوم مقام الباعث والقاعدة والمجمع والموجودين في الترانزستور الثنائي الاقطاب. هذه المناطق هي زوج من الابار الاول يعرف بالينبوع والثاني بالمصب، وهما متصلان ببعضهما ببعض بواسطة قناة ضحلة تشبه بوابات تحكم المياه في اقلية الري تقوم مقام القاعدة. وتتولى الموصلات المعدنية تأمين الاتصال بين الينبوع والمصب في حين ان طبقة رقيقة من ثاني اوكسيد السيليكون تفصل بين بوابة الالكترود والقناة. وحينما نمرر تياراً كهربائياً سالباً خفيفاً عند بوابة الالكترود وسط الشريحة ينشأ حقل كهربائي يطرد الالكترونات مانعاً التيار من المرور عبر القناة المكونة من سيليكون «صنف - س» مبقياً الجهاز في حالة إطفاء.

### ٣ ترانزستور الموسفيت في حال مشغل

لتحويل ترانزستور الموسفيت الى وضعية مشغل يكفي إيقاف التيار السالب في بوابة الالكترود مما يعيد جهد التيار الى الصفر وحينما يتم وقف الكهرباء يختفي الحقل الكهربائي مما يحرر الالكترونات متيحاً لها مجال الانتقال والعبور من الينبوع الى المصب.

### ١ الترانزستور الثنائي الاقطاب

#### في وضعية مشغل

يكشف هذا المقطع العرضي الطريقة التي يعمل فيها الترانزستور الثنائي الاقطاب في شريحة السيليكون. فعندما نمرر تياراً كهربائياً خفيفاً في القاعدة (بالاحمر) تتولد تيارات متحركة من ثقوب والكترونات بين القاعدة والباعث. كذلك فإن التيار الكهربائي الموجب الضئيل يسمح للمجموعة الرئيسة من الالكترونات بالعبور نحو المجمع وباتجاه القطب الموجب ذي التيار الكهربائي الشديد. وتقوم طبقة من ثاني اوكسيد السيليكون بحماية نقاط تقاطع الترانزستور من التلوث. وتقوم الموصلات المعدنية بمهمة نقل التيار من وإلى بدالات أخرى في الدارة. (انظر المخطط التوضيحي على الصفحة ٣٤).



٦

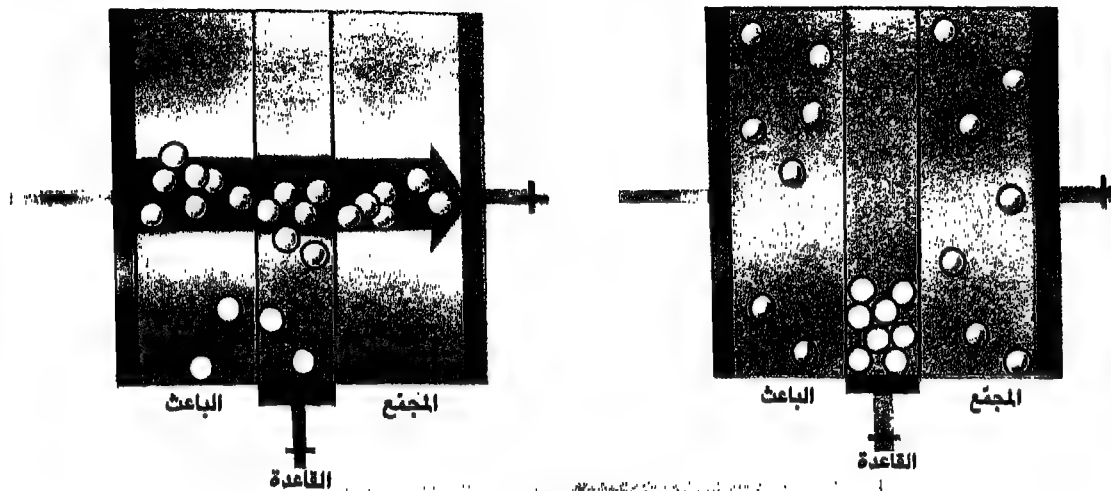


ثاني اوكسيد  
السيليكون

٦



ثاني اوكسيد  
السيليكون

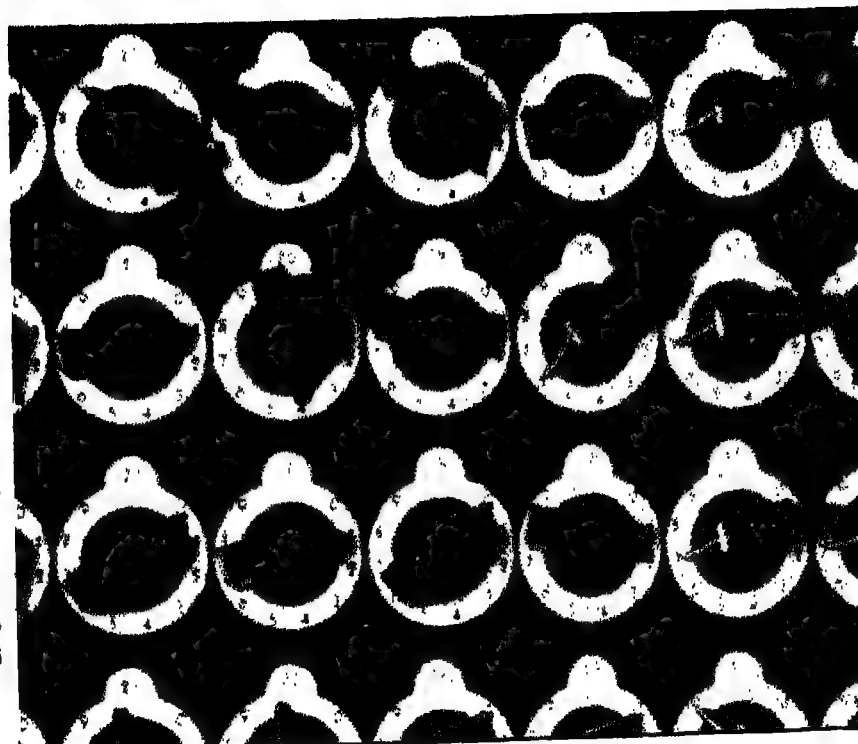


### التيار المستمر السيليكوني الاقطاب من الباعث

في الترانزستور الثنائي الاقطاب يتولى حاجز ضيق من السيليكون، صنف - م ، يدعى القاعدة (اللون الاحمر) التحكم بمجرى التيار بين الباعث وهو سيليكون، صنف - س- والمجمع (الازرق). ان تياراً كهربائياً قوياً على المجمع يجذب الالكترونات المشحونة بالكهرباء السالبة الموجودة في الباعث. في حين ان تياراً كهربائياً خفيفاً سالباً عند القاعدة يوقف مجرى التيار (الى اليمين) اما إذا مررنا تياراً كهربائياً موجباً في القاعدة فإننا نسمح بذلك للالكترونات بالسريان الى المجمع (الى اليسار). . وحينما تتدفق الالكترونات عبر القاعدة فإن شدة الشحنة الموجبة في المجمع لا تسمح بانجراف الا عدد محدود منها نحو الكترود القاعدة.

هذا المركز هو بوابة الالكترود (القطب الكهربائي). ونظراً إلى ان هذه الترانزستورات تتطلب عدداً أقل من الطبقات مما تتطلبه الترانزستورات الثنائية الاقطاب، فهي اسهل صنعاً وفي الوقت نفسه أقل استهلاكاً للكهرباء، ويمكن حشرها بكميات تصل إلى مليون ترانزستور على شريحة سيليكون واحدة. وهنا أيضاً فإنه توجد مقابل هذه السهولة في مجال الانتاج مشكلة تكمن في كون نقل ترانزستور الموسفيت من حالة الى أخرى أي من مشغل الى مطفأ، يتطلب نقل شحنة إلى داخل وخارج البوابة الالكترونية، وهي عملية بطيئة نسبياً إذا ما قيسست بسرعة إداء الترانزستورات الثنائية الاقطاب.

واحد من البليون من الثانية. ولكن لسرعتها ثمناً مكلفاً وهو استهلاكها لكميات كبرى من الطاقة وبالتالي وقوعها في مشكلة الحرارة. مما يعني انه لا يمكن وضع أكثر من بضعة ألوف من الترانزستورات الثنائية القطب على شريحة سيليكون واحدة. النوع الثاني من الترانزستورات، الموسفيت، يعمل، كما يوحي إسمه بتأثير الحقل الكهربائي. إن التيار في هذه الترانزستورات، الاحادية القطب، ينتقل اما عن طريق الالكترونات أو الثقوب وليس من كليهما معاً. والنشيء الذي تنفرد به هذه الترانزستورات هو وجود مركز تماس معدني يضبط تيار الترانزستور بواسطة حقل كهربائي يولده. موقع



هكذا كانت تبدو بدالات كمبيوتر «مارك - ١» وكان أول كمبيوتر يجري التحكم به بواسطة البرامج وقد بلغ عددها ٤٢٠ بدالة تدار باليد لتحديد القيم اللازمة لاجراء الحسابات بحسب النظام العشري. وقد احتل هذا الكمبيوتر مساحات امتدت طولياً ٥١ قدماً.



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرقيات

بدأنا منذ أربعة فصول شرح الدارات الثنائية وكيف تطورت من بدالات بسيطة إلى ترانزستورات معقدة. كما عرّجنا على طريقة عمل الترانزستورات والطريقة التي يأمل بها المهندسون الإلكترونيون صنع ترانزستورات تحقّق طموحات الإنسان نحو سرعات فائقة، وفي هذا الفصل نشرح الطريقة المرحلية والمعقدة التي يُصنّع بها الترانزستور.

## الفصل السابع عشر الدارات الثنائية/٤

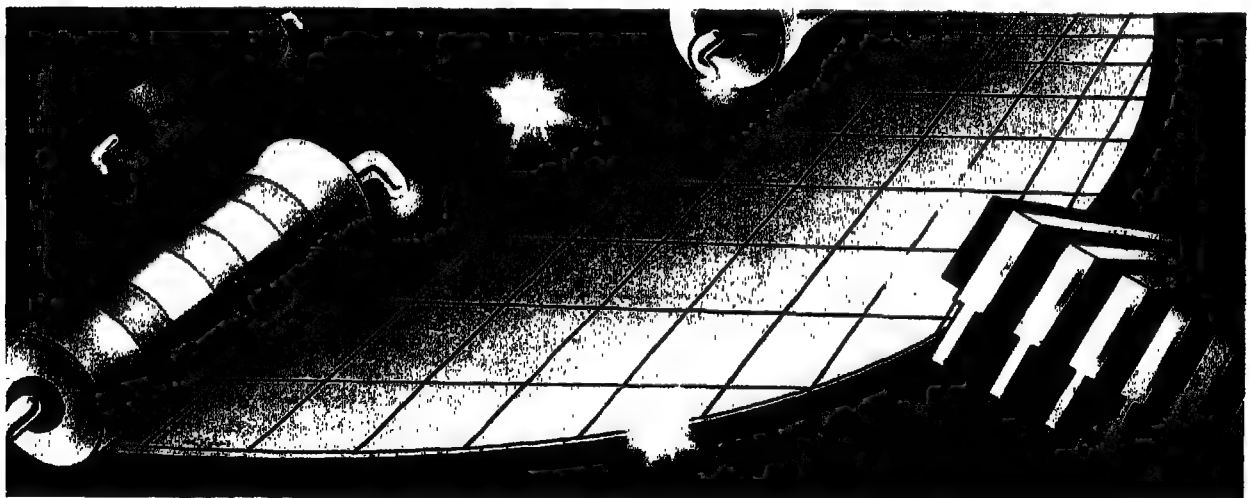
### كيف يصنع الترانزستور؟

تبسط الرسوم المرفقة بهذا الفصل الطريقة المرحلية البالغة التعقيد التي تصنع فيها الترانزستورات. فصنع الترانزستور يستغرق عادة حوالى شهرين. ومن حسن الحظ فإن مئات منه تصنع في وقت واحد وذلك على رقاقة (Wafer) أي سبيكة واحدة من السيليكون.

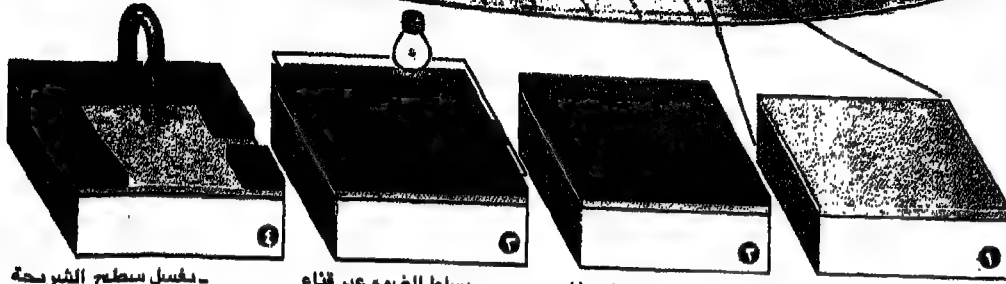
تمثل الرسوم المتتالية ترانزستوراً واحداً يحتل مساحة دقيقة جداً على شريحة تتضمن المئات منه كما يلاحظ في القرص المستدير الكبير (الذي يظهر قسم منه فقط في أعلى الصفحة التالية) والذي يرمز إلى الرقاقة. وكل ترانزستور في الرسوم مكبر حوالى ألفي وخمسمائة مرة. تعرف عملية صنع الترانزستور بالليثوغرافيا الضوئية (Photolithography) والليثوغرافيا من حيث الأساس هي الطباعة التي تستعمل صفائح من الزنك والالمنيوم المعدة كيميائياً لطبع الرسوم عليها. تؤخذ شظية صغيرة من السيليكون لا تزيد سماكتها عن ٤ على ألف من البوصة بعد أن تغمس في بعض المواد غير النقية كالبورون الذي من شأنه أن يحدث فراغات قليلة الإلكترونات بحيث يشكل الجزء الذي تتكون منه هذه الفراغات منطقة

تحمّل شحنة كهربائية موجبة «صنف - م». ولطريقة معالجة السيليكون بالشوائب نحيل القارئ إلى الفصل السادس ونكتفي هنا بشرح مراحل صنع الترانزستور على شريحة السيليكون المعالج قبلاً بالشوائب. تؤخذ إذاً، شريحة سيليكون «صنف - م» لتكون القوام الاساسي (Substrate) الذي يبنى عليه الترانزستور وتضاف إليها ٤ طبقات رقيقة في اربع مراحل. في كل مرحلة تطلّى المادة بغشاء رقيق من مستحلب (Emulsion) حساس للضوء ثم تعرض لانماط شكلية من الضوء ما فوق البنفسجي من خلال عملية تقنيع (Masking) يلي ذلك الحفر (Etching) والادمام (Doping) والتلبيس (Coating) واخيراً الترسيب (Deposition). مما يضيف ٤ طبقات على القوام الاساسي كل واحدة منها لا تزيد كثافتها عن واحد بالمئة من سماكة الشريحة.

وعند اكمال هذه العمليات يصبح لدينا ترانزستور من نوع ان - موس Negative-Channel Metal Oxide Semiconductor (n-Mos) أي اكسيد معدني نصف ناقل ذو قناة سالبة. ونظراً إلى أن هذا الترانزستور أقل استهلاكاً للكهرباء وبالتالي أقل توليداً للحرارة من النوع الآخر الموجب فإنه يستخدم في الشرائح التي تتطلب وضع آلاف الترانزستورات جنباً إلى جنب على شريحة واحدة.



## المرحلة الأولى



1 - يغسل سطح الشريحة بمحلول يزيل الاقسام الطرية من المستحلب مبقيا على الاقسام الصلبة. فيتكلف من جديد ثاني اكسيد السيليكون الا من جزء مرتفع من المستحلب الصلب.

2 - يسقط الضوء عبر قناع غير شفاف الا من امكنة معينة تسمح بتسرب الاشعة ما فوق البنفسجية منها، مرسومة بالشكل المراد ان يتم حرق سطح الشريحة به، فيقسي المستحلب تحت القسم الشفاف نتيجة تعرضه للضوء في حين يظل القسم الاخر طري للمس.

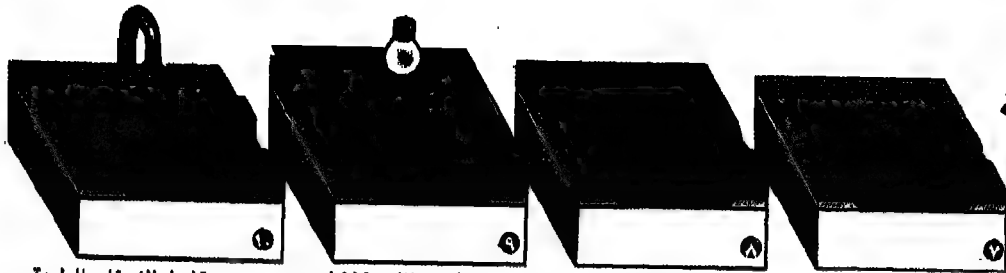
3 - يضاف مستحلب خاص عازل للضوء فتتشكل فوق الشريحة طبقة مقاومة للضوء (اللون الازرق) لا تمتص الا الضوء ما فوق البنفسجي وبذلك يتم اعداد السطح للمعالجة بالتقنيع الضوئي (Photomasking).

4 - توضع الشريحة في فرن غازي شديد الحرارة. فيكتسب القوام الدائم ايجابيا طبقة عازلة من ثاني اكسيد السيليكون (اللون الاصفر).



5 - تزال بقايا المستحلب الصلب والتي تشكل مرتفعا على سطح الشريحة بواسطة الغسل الكيميائي مما يبقى على وجه غير مسطح ولكنه مصنوع من ثاني اكسيد السيليكون.

6 - تحفر القشرة الخارجية لطبقة ثاني اكسيد السيليكون بالغازات الحارة ويبقى على طبقة بالغة الرقة لتكون بمثابة العازل.



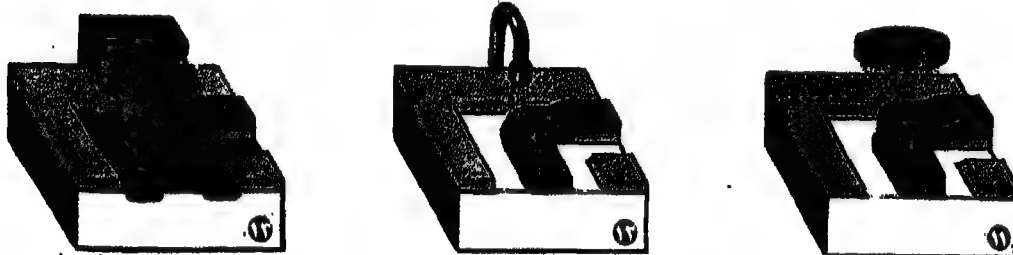
## المرحلة الثانية

7 - تغسل الاجزاء الطرية فيبقى على السطح شكل زاوي.

8 - يؤتى بقناع يتخذ فيه القسم الشفاف شكلا زاويا ويؤدي الضوء المتسرب من خلاله ان يساوي جزء مواز له من طبقة المستحلب وبقاء القسم الاخر طري للمس.

9 - يضاف غشاء رقيق من المستحلب المقاوم للضوء فوق طبقة البولي سيليكون معاد السطح مرة اخرى للثاني عملية تقنيع ضوئية.

10 - ترسب طبقة من البولي سيليكون (اللون البرتقالي) وهي مادة سيليكونية مصنعة لتقوم بمهمة البوابة التي تثبت اشارة الشحنة الوافدة.

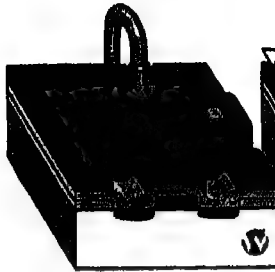


11 - يرسب الفوسفور في البئر بواسطة الادمام فتصبح لدينا منطقتان سالبتان (اللون الاخضر) وسط منطقة موجبة هي السيليكون.

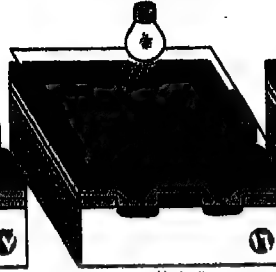
12 - يزال ما بقي من المستحلب فيكون لدينا سطح هو بمثابة بوابة من البولي سيليكون يعبر من خلالها التيار. هذه البوابة تتوسط جوفين هما بمثابة بئرين من السيليكون.

13 - يزال البولي سيليكون الزائد بواسطة الحفر مبقيا على غشاء رقيق من ثاني اكسيد السيليكون كاشفا الاساس السيليكوني للشريحة (اللون الابيض).

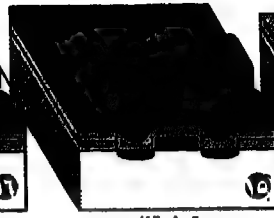
## المرحلة الثالثة



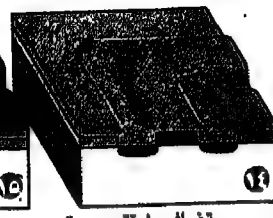
- يتم غسل المستحلب الطري فتتكون ثلاث بلع من ثاني اكسيد السيليكون (باللون الاصفر) هم المراكز التي ستقام فيها المحاور.



- يتولى الضوء تقسية المستحلب في جميع انحاء السطح باستثناء ثلاث مناطق صغيرة (باللون الاسود) هي مواقع المحاور

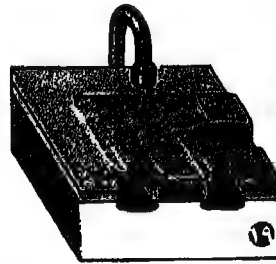


- يتولى قناع من المستحلب المقاوم رسم الاطار لصنع المحاور (Shaft) والتي تصبح نقاط اتصال معدنية لكل من البوليسيليكون والبزيرين مما يشكل قطبي الترانزيستور.

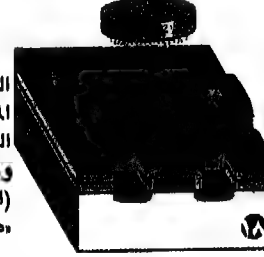


- تضاف طبقة جديدة من ثاني اكسيد السيليكون لعزل البنية الاساسية للترانزيستور عن العنصر المعدني والذي سيضاف بالترسيب.

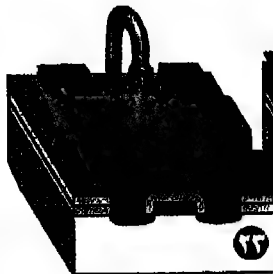
- يغسل ما تبقى من المستحلب فيتكون بلران احدهما الينبوع والاخر المصب (اللون الاخضر).



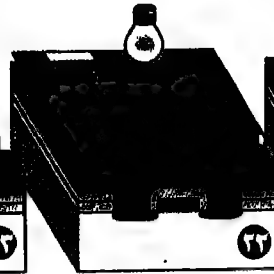
- يتولى الاسيد ازالة البلع كاشفا عن مواقع المحاور المكونة من مساحات من السيليكون (اللون الاخضر) وعن بوابة من البوليسيليكون (اللون البرتقالي) وكلاهما «صنف - س».



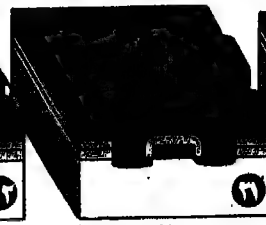
## المرحلة الرابعة



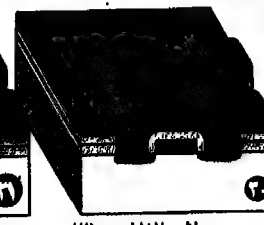
- يغسل المستحلب الطري معربا المناطق التي ترسب فيها المعدن في غير الاماكن المطلوبة.



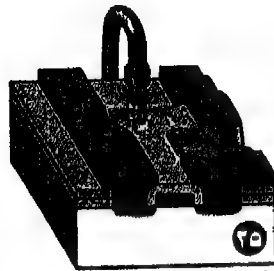
- يقسي الضوء المستحلب الممدود فوق الالمنيوم الذي سيتولى نقل الكهرباء من والى الترانزيستور.



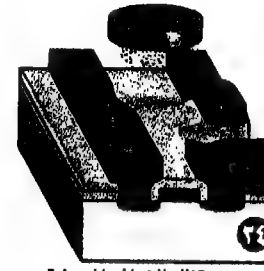
- يعد المستحلب المقاوم لعملية التقنيع الرابعة والاخيرة من اجل اعداد السطح للترسيب المعدني.



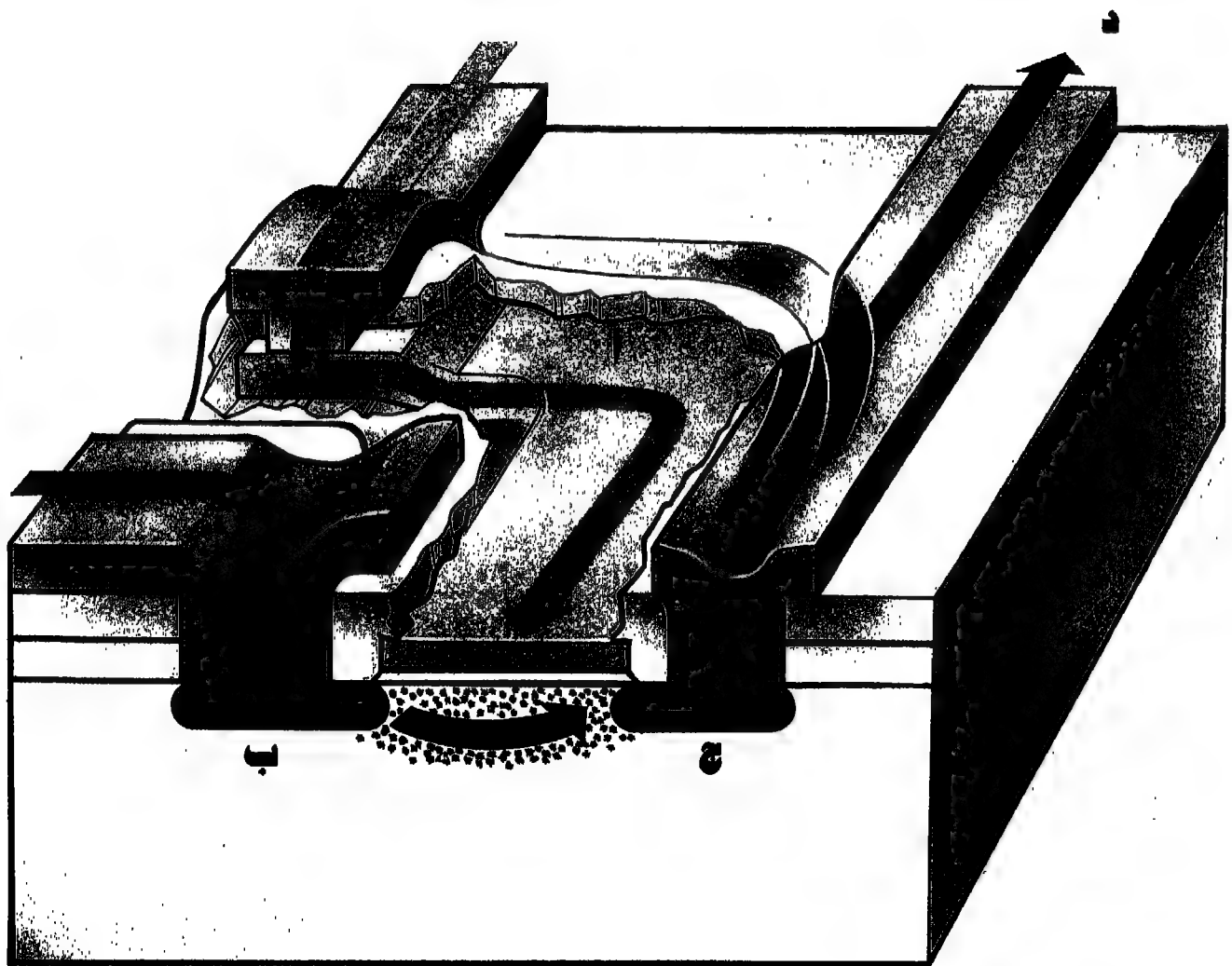
- ينشر الالمنيوم (اللون الرمادي) بصورة مساوية على سطح الترانزيستور وفي المحاور ليوفر نقطة التماس الكهربائي.



- يتم غسل ما تبقى من المستحلب. عندها يصبح الترانزيستور جاهزا للاستعمال.



- تزال الزوائد المعدنية بواسطة الحفر مما يبقي على المعدن في الاماكن اللازمة اي عند نقطتي التماس ونقاط التوصيل مع الاسلاك التي تربط الترانزيستور بغيره.



### ... واخيرا كيف يعمل؟

الذي يشغل الترانزيستور. عندها يمكن للتيار (السهم الازرق) ان يتدفق من الينبوع الى المصب والى ان يخرج عبر الموصل المصنوع من الالمنيوم (د) الى امكنة اخرى في الدارة.

يبين هذا المقطع العرضي الطريقة التي سيقوم فيها الترانزيستور بدور البدالة. فحينما نمتنع عن وصل الكهرباء الى بوابة البوليسيليكون (ا) لا يمر اي تيار من الينبوع «صنف - س» (ب) الى المصب «صنف - س» (ج). ولكننا اذا مررنا شحنة موجبة (السهم الاحمر) على البوابة فانها تؤثر في الطبقة العازلة الرقيقة المصنوعة من ثاني اكسيد السيليكون (الاصفر) وتجعل منها قناة مؤقتة «صنف - س» الامر



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

طوال عشرة فصول سابقة عرضنا لغة الكمبيوتر الرقمية الثنائية باعتبارها اللغة التي يفهمها الكمبيوتر. كما عرضنا خصائص اللغة الإلكترونية التي يُترجم بواسطتها الكمبيوتر التعليقات الثنائية إلى إشارات إلكترونية تسمح له بأداء مهامه. ثم عرضنا المنطق الكمبيوتر الذي يُمكن الكمبيوتر من القيام بالفرضيات المنطقية وكذلك الدارات الثنائية، كالترانزستورات، والطريقة التي تستقبل فيها الإشارات الكهربائية المنفصلة والمتقطعة التي تُمثل اللغة الثنائية. في هذا الفصل نعرض جانباً آخر من النشاط الكمبيوتر وهو الكيفية التي يقبل فيها الكمبيوتر بيانات غير رقمية.

## الفصل الثامن عشر من القياسي الى الرقمي

ان ما تتصف به هذه الظواهر هو استمراريته وتواصلها ، وتفاوت درجاتها صعوداً وهبوطاً بين حديها الأدنى والأعلى دون قيد. لذلك لا بد من تحويل هذه الامواج المستمرة الى بيانات متقطعة ومن ثم تحويل هذه البيانات الى قيم رقمية ثنائية تؤهلها للمنطق الكمبيوتر الدقيق.

ومن أجل ذلك ابتكرت اجهزة ادخال استشعارية (Sensory) تتولى تحويل البيانات الى اشارات كهربائية متفاوتة الشدة (الفولطية). فجهاز الاستشعار الحراري مثلاً يسجل فولطاً مرتفعاً عندما ترتفع الحرارة وفولطاً منخفضاً عندما تنخفض الحرارة. وكذلك الامر بالنسبة لخلية الاستشعار البصرية الحساسة للضوء، فهي تستجيب للتغير الحاصل في الضوء صعوداً وهبوطاً.

هناك عدد لا يحصى من مصادر المعلومات الاساسية كالضوء، والصوت، والحرارة، والضغط وغير ذلك من ظواهر الطبيعة التي نحتاج الى دراستها والتي تمتاز بكونها غير محددة ولا يمكن التعبير عنها بقيم ثابتة. ولما كان الكمبيوتر لا يتعامل الا بالقيم الثابتة كالصفر والواحد، والخطأ والصح ولا توجد عنده انصاف وضيعات، فإنه لا يستطيع استقبال البيانات غير الرقمية ليقوم بأعمال المعالجة والتحليل التي قد نطلبها منه.

ومع ذلك فإننا نعلم ان الكمبيوتر يتنبأ بالاحوال الجوية ويقيس سرعة الضوء المنبعث في ساعات معينة من النهار ليقوم بمهام معينة قد نطلبها منه، كفتح النوافذ أو تضيق فتحاتها

وما شابه. فكيف يمكنه القيام بذلك؟ والأصح كيف يستطيع قراءة هذه الظواهر ومعالجتها؟

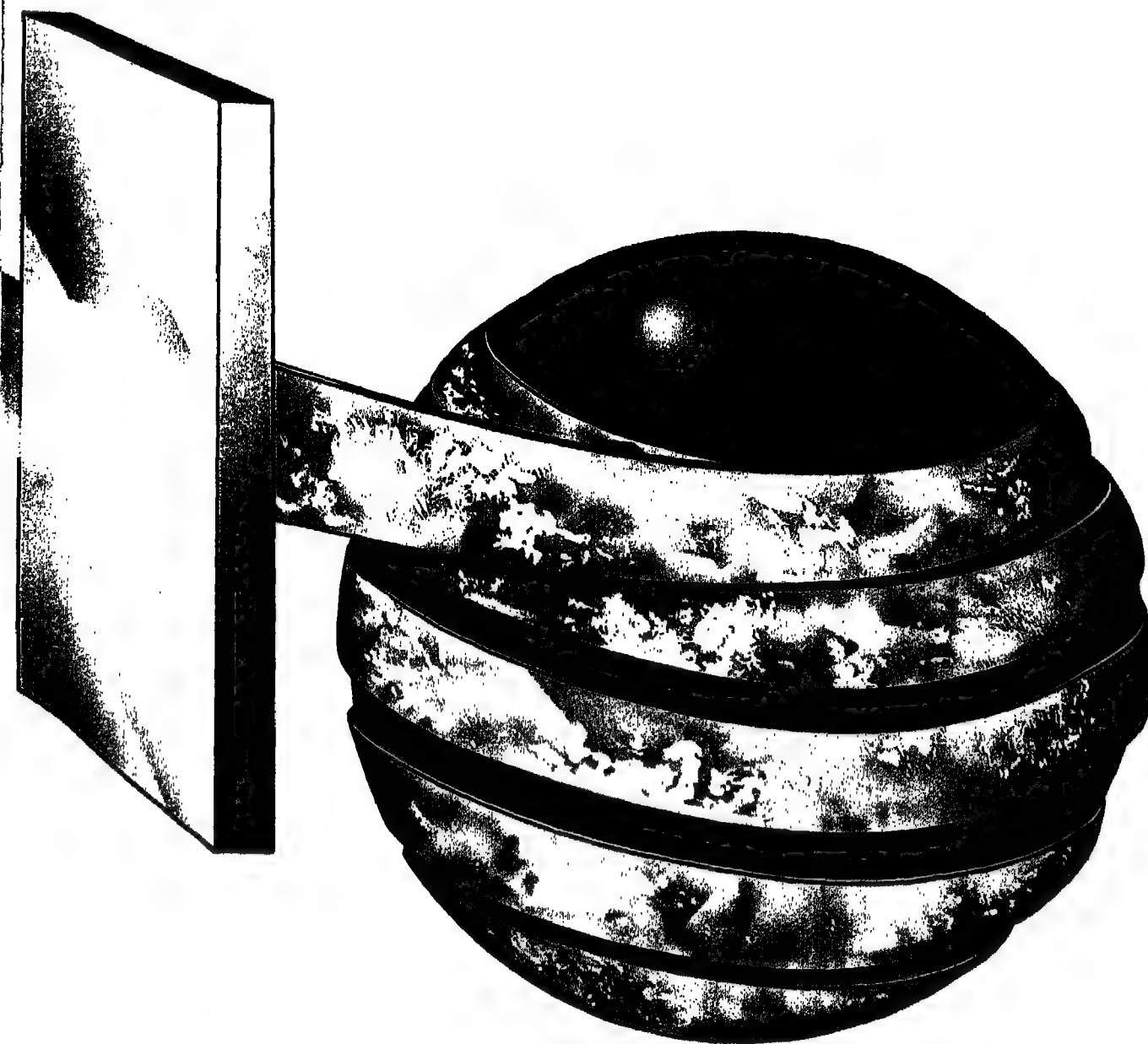


ويقوم المحوّل بذلك عن طريق أخذ عينات من الإشارات القياسية في فترات متناوبة منتظمة وتحويل فولط كل عينة الى قيمة رقمية منفصلة وثابتة ومحدّدة.

يتولّى ذلك محوّل قياسي رقمي (A-D converter). ومهمته تحويل الفولطات المتفاوتة للإشارات الى سلسلة من الذبذبات التي تتراوح بين إحدى حالتين لا غير والتي يمكن أن يعبر عنهما بالنظام الثنائي صفر أو واحد ويمثلان بالتالي حالتين مطلقاً ومشغلّ اللتين تعمل البدالات الالكترونية على أساسهما.

وتُعرف هذه الإشارات بالإشارات القياسية لأنها شبيهة ومماثلة للواقع. والقياسات الفولطية التي تعطى لها ليست سوى قياس درجة ذبذبة الارتفاع والانخفاض الذي يطرا عليها.

وتحويل الظواهر الى اشارات قياسية هو المرحلة الاولى. ويعقب ذلك تحويل هذه الاشارات الى بيانات رقمية. ومع انه توجد كمبيوترات قياسية تستطيع قبول هذا النوع من البيانات، إلا أن الكمبيوترات الأكثر شيوعاً هي الكمبيوترات الرقمية، ولا بد بالتالي من إيجاد طريقة لجعلها تتعامل مع الظواهر القياسية.



يمثل هذا الرسم موجة حرارية منبعثة من الكرة الأرضية على شكل قشرة منسلخة من ثمرة. وبعد أن تعبر الموجة جهاز استشعار تتحول الى اشارات متموجة مخفلة درجات الحرارة. وتنعكس القيم والوديان بدقة تامة الاختلافات التي قراها جهاز الاستشعار في درجة حرارة المصدر الحراري الواحد. ومن اجل ذلك نقول ان الاشارات قياسية.



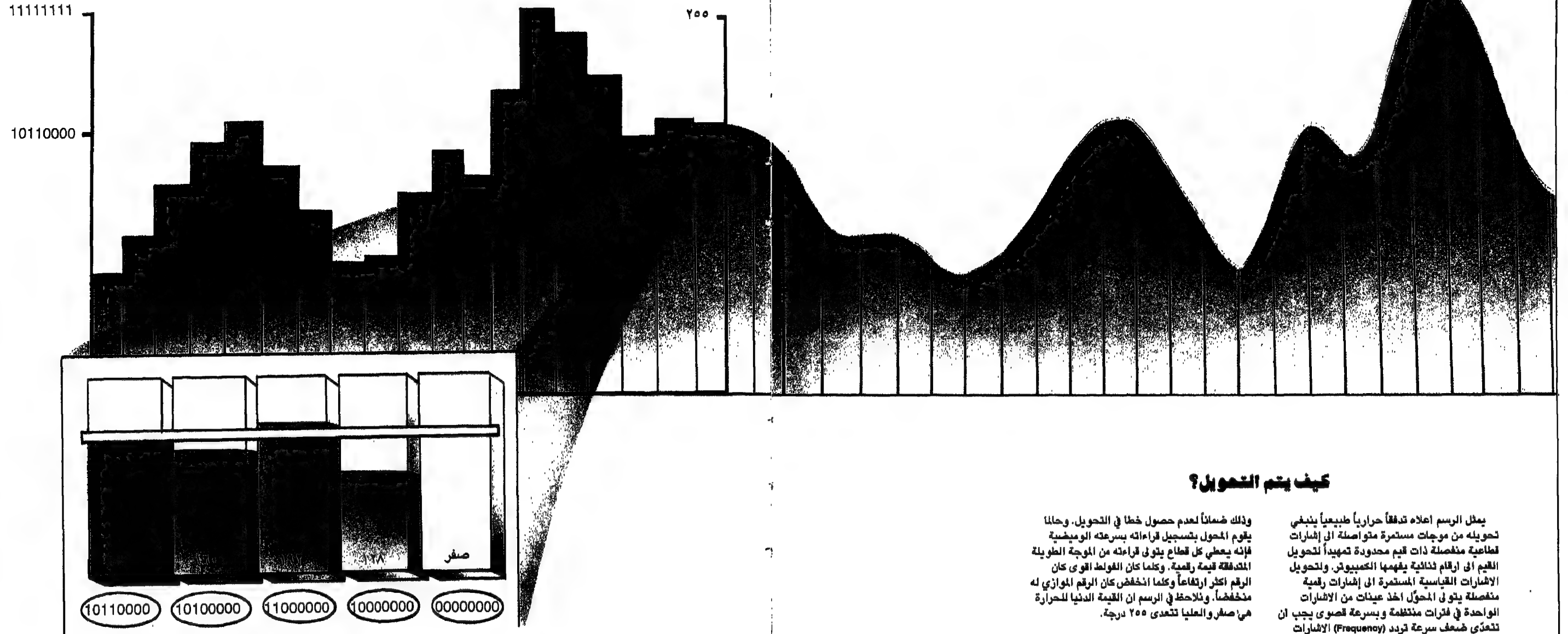
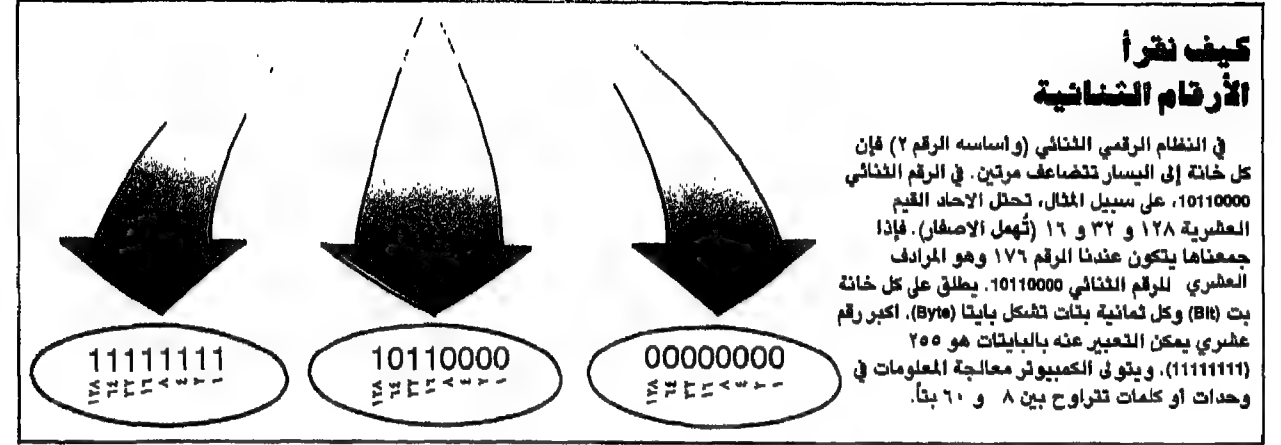
## التحويل من تياي الى رقمي

بصورة اوتوماتيكية بتاً واحداً ليصبح الرقم الثنائي 11000000 (يساوي ١٩٢ في النظام العشري). فإذا تبين له ان هذا الرقم يفوق المطلوب قام بإلغاء البيت وأضافه إلى الخانة التالية فيصبح الرقم 10100000 (أو ١٦٠ في النظام العشري) فإذا كان الرقم منخفضاً يضيف له بتاً آخر ليرتفع إلى 10110000 اي ١٧٦. وهنا تتوقف العملية لإكمال المطابقة. وبينما يقوم المحول بترجمة الموجة الواحدة كلها إلى أرقام ثنائية رقمية يقوم الكمبيوتر بتحليلها.

المرحلة الثانية تكون باستخدام تقنية تعرف بـ «التقريب المتتالي» (Successive Proximity) والتي يقوم فيها المحول، وهو في مثلنا يعمل على ٨ بتات، بعملية إعطاء قيمة لكل فولت واحد مجهول القيمة وذلك بإطلاق سلسلة فولتات اختبارية تتراوح بين الصفر و ٢٥٥ وأجراء مطابقة قياسية بين الإثنين معاً وكذلك إجراء ما يلزم من التعديلات بزيادة بت أو إنقاظه لزيادة الرقم أو تخفيضه لإكمال المطابقة. فإذا تبين مثلاً ان المدى المتوسط 1000000 (ويساوي ١٢٨ في النظام العشري) هو رقم منخفض فإن المحول يزيد

## كيف نقرأ الأرقام الثنائية

في النظام الرقمي الثنائي (وأساسه الرقم ٢) فإن كل خانة إلى اليسار تتضاعف مرتين. في الرقم الثنائي 10110000، على سبيل المثال، تحتل الإحد القيم العشرية ١٢٨ و ٣٢ و ١٦ (تُهمّل الأصفر). فإذا جمعناها يكون عندنا الرقم ١٧٦ وهو المرادف العشري للرقم الثنائي 10110000. يطلق على كل خانة بت (Bit) وكل ثمانية بتات تشكل بايتا (Byte). أكبر رقم عشري يمكن التمييز عنه بالبايتات هو ٢٥٥ (11111111). ويتولى الكمبيوتر معالجة المعلومات في وحدات أو كلمات تتراوح بين ٨ و ٦٠ بتاً.



## كيف يتم التحويل؟

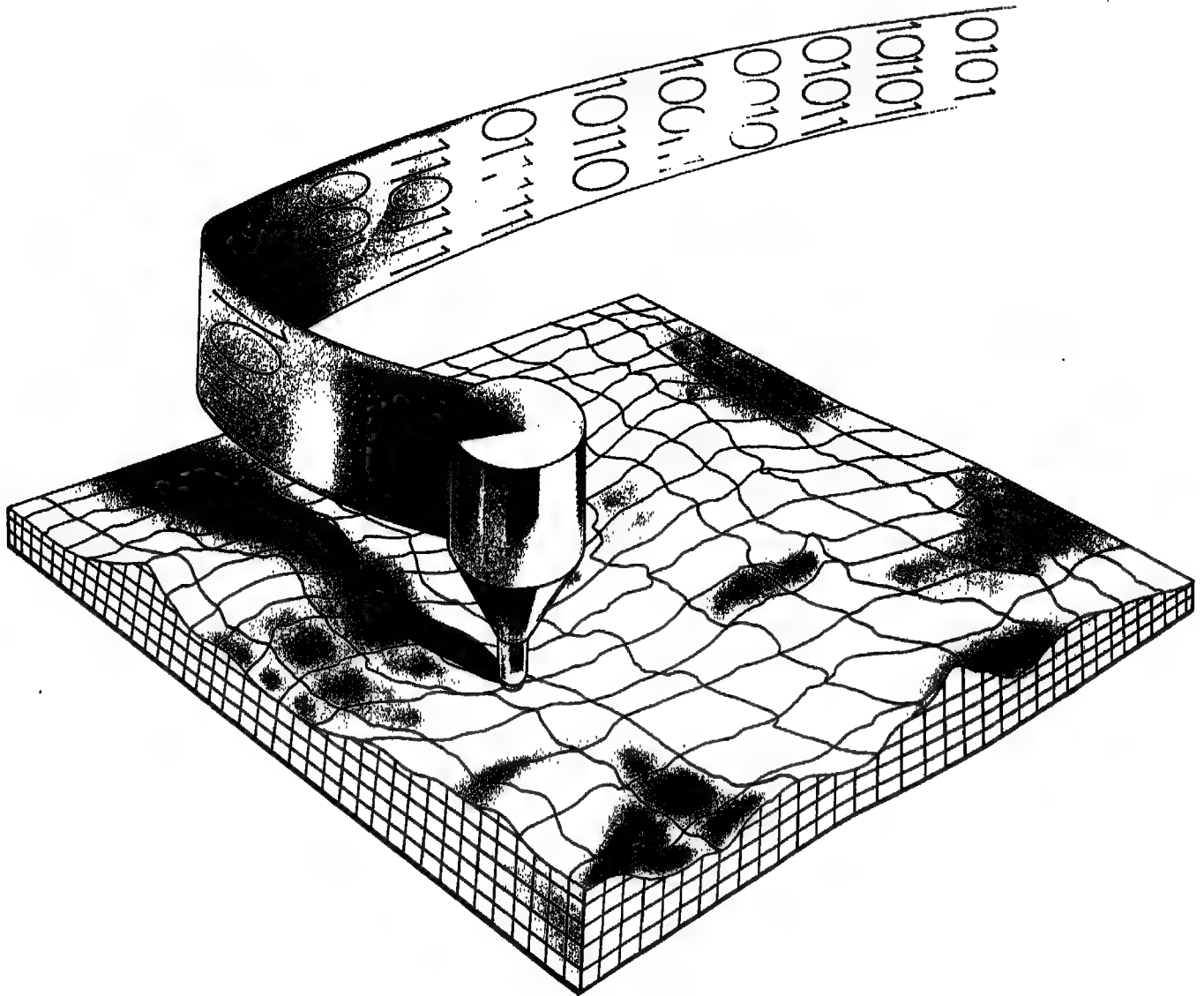
وذلك ضماناً لعدم حصول خطأ في التحويل. وحالما يقوم المحول بتسجيل قراءته بسرعة الوميضية فإنه يعطي كل قطاع يتولى قراءته من الموجة الطويلة المتدفقة قيمة رقمية. وكلما كان الفولت اقوى كان الرقم أكثر ارتفاعاً وكلما انخفض كان الرقم الموازي له منخفضاً. ونلاحظ في الرسم ان القيمة الدنيا للحرارة هي صفر والعليا تتعدى ٢٥٥ درجة.

يمثل الرسم اعلاه تدفقاً حرارياً طبيعياً ينبغي تحويله من موجات مستمرة متواصلة إلى إشارات قطاعية منفصلة ذات قيم محدودة تمهيداً لتحويل القيم إلى أرقام ثنائية يفهمها الكمبيوتر. ولتحويل الاشارات القياسية المستمرة إلى إشارات رقمية منفصلة يتولى المحول أخذ عينات من الاشارات الواحدة في فترات منتظمة وبسرعة قصوى يجب ان تتعدى ضعف سرعة تردد (Frequency) الاشارات

## من البيانات الى الظواهر

يعرض البيانات على الشاشة أو الطابعة، التي تنقل النتائج على صفحة ورقية، مصمم بحيث يترجم الخارج الرقمي إلى أشكال مرئية أو مطبوعة. وهناك أداة خرج رقمية أخرى هي الراسمة التي تتولى تحويل الإشارات الثنائية التي يرسلها الكمبيوتر إلى إحداثيات (Coordinates) دقيقة يعبر خلالها رأس قلم يتحرك ذهاباً وإياباً مكوناً، خلال حركته هذه، الرسم التصويري الذي يمثل الظاهرة الطبيعية المعنية.

مثلاً ان الظواهر الطبيعية القياسية يمكن ان تتحول إلى بيانات رقمية فإنه بالإمكان كذلك تحويل البيانات الرقمية إلى قياسية وبالتالي ترجمة هذه القيم العددية إلى ظواهر. ويتوقف ذلك على نوع أداة الإخراج المستعملة. فالمركب (Synthesizer) الذي يتيح للكمبيوترات ان تحول البيانات إلى صوت مسموع تحتاج إلى ترجمة الخارج الرقمي إلى إشارات قياسية تنشط مكبر الصوت. في حين ان الانبوب الكاثودي المفرغ الذي





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرقيات

أصبح من الضروري الآن أن نأخذ فكرة عما يحدث داخل الكمبيوتر عندما نبدأ بتشغيله، وأن نتعرف إلى سلسلة الخطوات الإجرائية التي تُؤهله للعمل، وفي هذا الفصل والذي يليه نتناول عمليتي التأهيل والتدقيق اللتين يبدأ بهما كل عمل كمبيوتر.

## الفصل التاسع عشر تأهيل الكمبيوتر

خاصة تعرف بالبدالات المزدوجة الصف (DIP Switches). هنا يتولى العنوان - وهو عبارة عن تسلسل من الفولطات الكهربائية المرتفعة والمنخفضة التي تمثل أرقاماً مكونة من واحد وصفر - والذي يمكن أن يتألف من ثمانية بتات أو ١٦ أو ٢٠ تحديد موقع برنامج التأهيل في ذاكرة روم (Rom). وتختلف برامج التأهيل بين جهاز كمبيوتر وآخر. في بعض الأحيان يعد الكمبيوتر كي يتولى البحث عن مصدر ذاكرة خارجي كسواقة اسطوانات ويتبع عندها أية تعليمات يجدها بانتظاره هناك. في النظام الموضح في الرسم المرفق، يتولى الكمبيوتر البحث عن التعليمات في عدة أجزاء داخلية تابعة للجهاز نفسه.

بعدها تتولى وحدة المعالجة المركزية معالجة برنامج البدء بواسطة بضعة الوف من الخطوات الصغيرة والتي تتمثل في الرسم المرفق بتعليمات مؤلفة من بايت واحد (أي ثمانية بتات). كل بايت يمثل عنواناً أو تعليمة معينة أو قطعة بيانات موجودة في عنوان معين قد تكون رقماً أو حرفاً أبجدياً. ويتحرك كل بايت على شكل تسلسل فولطات مرتفعة أو منخفضة ممثلة التعليمات أو البيانات باللغة الرقمية الثنائية (واحد وصفر) والتي تتمثل هنا في الرسم بالشرط الاصفر.

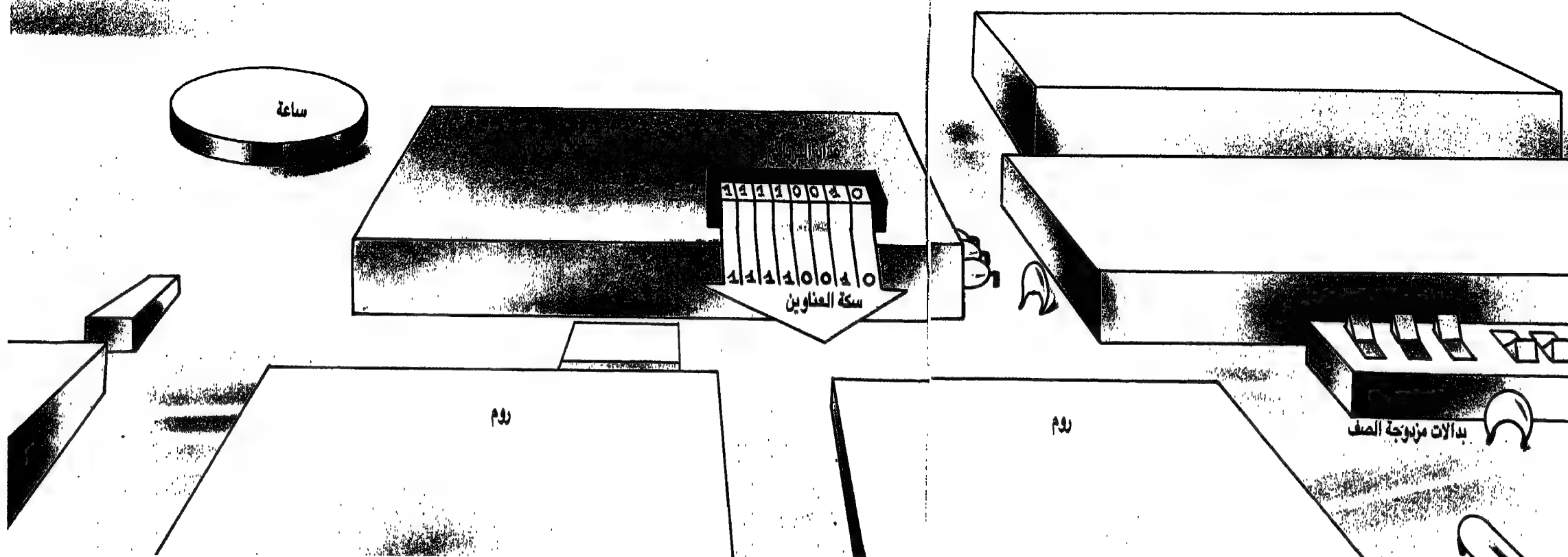
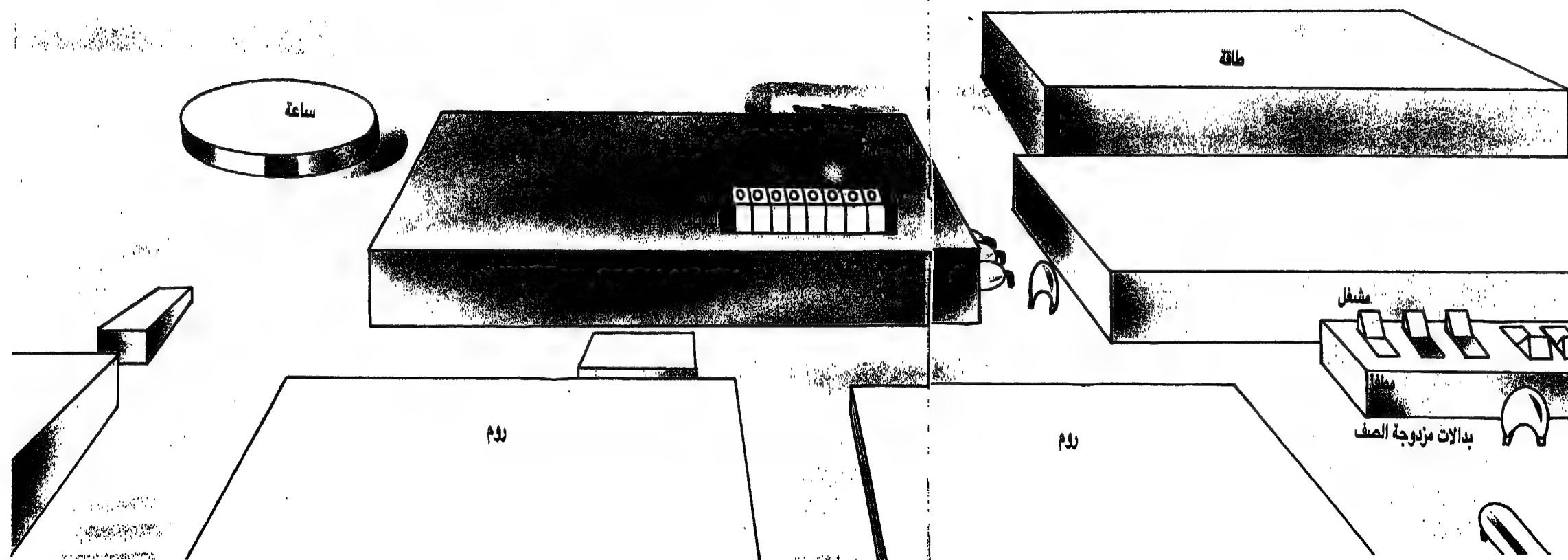
حينما نقوم بتشغيل الكمبيوتر بإدارة مفتاح الطاقة، تنتشر الكهرباء في الجهاز وتبدأ سلسلة من الخطوات المقررة سلفاً. تبدأ ساعة الكمبيوتر المصنوعة من الكوارتز بإرسال اشارات عبر شبكة الجهاز بمعدل عدة ملايين من النبضات في الثانية الواحدة. وكل عمل يحصل يتم التحكم به وضبطه بواسطة هذه النبضات المستقلة عن اشارات الضبط والتحكم الأخرى التي تحصل في الكمبيوتر.

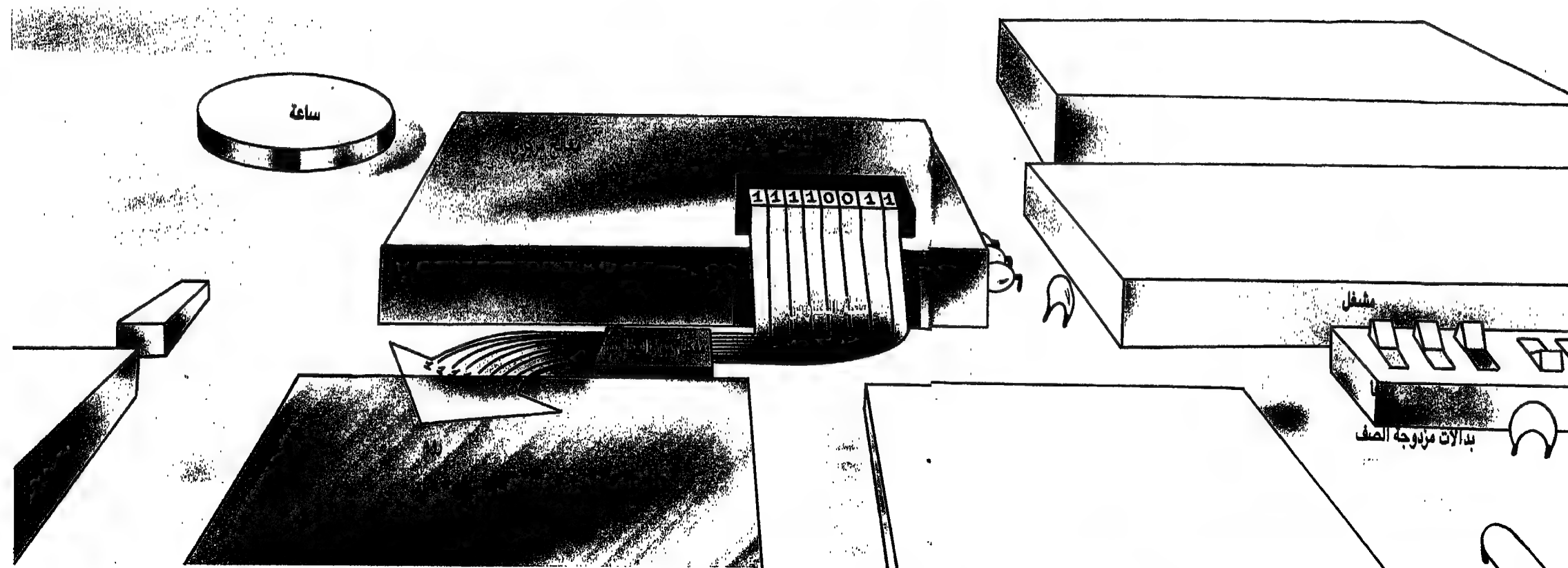
عند انطلاق أولى الاشارات النابضة للساعة تتولى اشارة اعادة الوضعية (Reset Instruction) بصورة اوتوماتيكية تفريغ جميع دارات التخزين والسجلات المؤقتة العائدة الى وحدة المعالجة المركزية من اية شحنات عارضة يمكن ان تدخلها عبر التيار الكهربائي عند تشغيل الجهاز او متبقية من آخر مرة جرى فيها تشغيل الجهاز. ويتفريغ سجل خاص يطلق عليه عداد البرنامج (Program Counter) فان اشارة اعادة الوضعية تعيد العداد الى الصفر.

عندها يصبح الجهاز جاهزاً لتنفيذ عملية أخرى يطلق عليها التأهيل (Bootstrapping). فعند انطلاق النبضة التالية للساعة يجري تحميل عداد البرنامج عنواناً معداً سلفاً من قبل مصنع الكمبيوتر. ويتم تحميل العنوان بواسطة بدالات

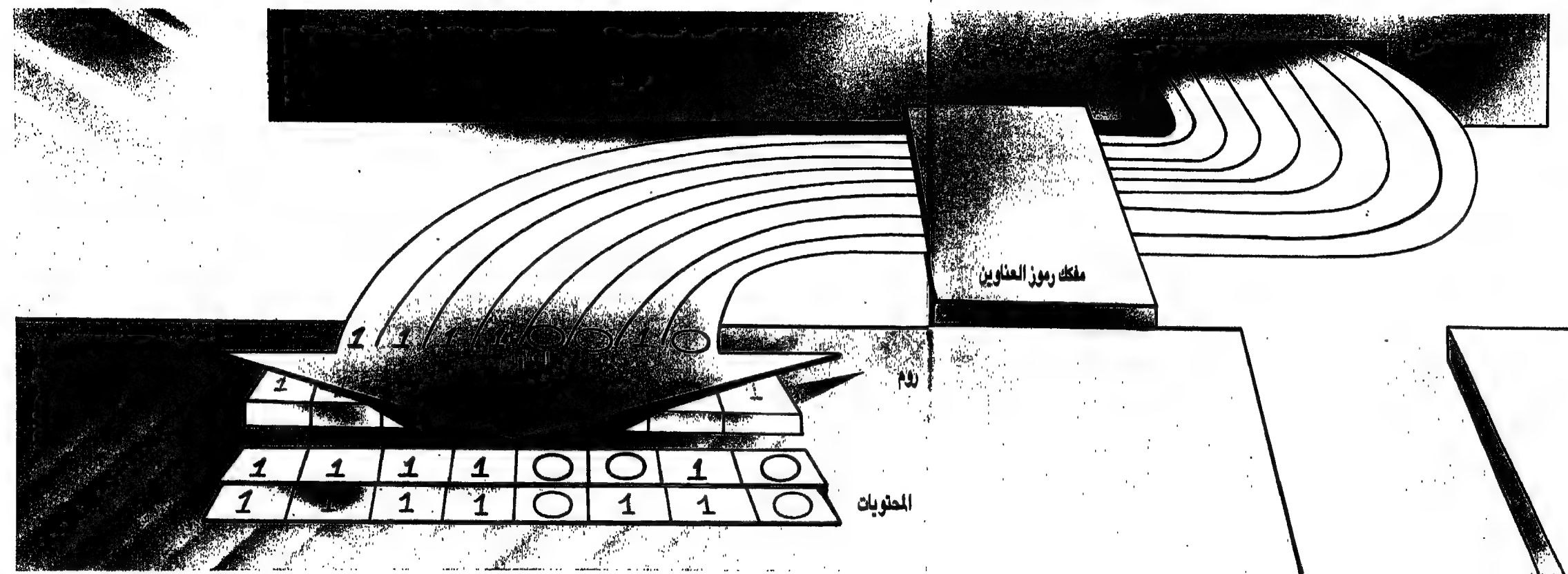


حاليا يزود الجهاز بالطاقة (الرسم الاعلى، اللون البنفسجي) تحصل عدة خطوات متتالية وبسرعة فائقة بحيث تبدو كما لو انها تجري في وقت واحد. اول نبضة من نبضات الساعة تتولى اطلاق اشارة إعادة الوضعية مفرغة عداد البرنامج الى الصفر. ويقوم برنامج العداد، الذي يتولى مهمة الساعي، بإبلاغ وحدة المعالجة المركزية، بالمكان تكمن فيه التعليمات التالية. ولدى انطلاق النبضة الثانية للساعة (الصورة السفلى لجهة اليمين) يظهر فجأة على عداد البرنامج عنوان مبرمج سلفا. في رسمنا المرفق، العنوان هو لموقع معين في ذاكرة روم وضعت فيه التعليمات الاولى التي دونت عليها بصورة دائمة اوامر تشغيل البرنامج. وعند انطلاق نبضة الساعة التالية تتولى وحدة المعالجة المركزية نقل العنوان المكتوب بلغة رقمية ثنائية من عداد البرنامج الى سكة (باص) العناوين (اللون الاصفر). ومع انتهاء النبضة يكون العنوان التالي في سلسلة العناوين قد ظهر على برنامج العداد.





مع نبضات الساعة تتخذ سكة  
العناوين النمط الثماني للفولطات  
المرتفعة والمنخفضة التي تمثل رقم  
عنوان اول تعليمة والقاضية  
بتهييل الكمبيوتر واعداده للعمل.  
كما وان عنوان التعليمة الثانية  
يكون، عندها، قد اصبح جاهزا في  
عداد البرنامج. ومع النبضة التالية  
تتولى الدارات في مفك رموز  
العناوين تحديد موقع العنوان.  
وتتولى النبضة الثالثة التالية،  
تنبيه الشريحة الملائمة في ذاكرة  
روم واعدادها.



مع استمرار نبضات الساعة  
تقوم الدارات التي تتضمنها ذاكرة  
روم بتنبيه خلايا الذاكرة (الدوائر  
الصفراء في الصورة السفلى) في  
الشريحة المختارة. ويلاحظ بان  
الشريط الثنائي العنوان يختلف  
عن الشريط الذي يمثل المحتويات  
التي يتضمنها العنوان. فالعنوان  
يشير فقط الى مكان حفظ البيانات  
وليس الى مضمون البيانات في  
الحالة التي نوضحها بالرسم فان  
المحتويات المكونة من ثمانية بتات  
هي الشيفرة الثنائية لاول تعليمة في  
سلسلة التاهيل. وطبعاً فان وحدة  
المعالجة المركزية تحتاج الى قراءة  
هذه المعلومات كي تبدأ بدورها  
العمل ولكن ينبغي عليها ان تنتظر  
اشارة خاصة ونبضة الساعة ايذاناً  
بذلك.

## ادوات تحريك الدالة المنزلقة

وذلك حسب رغبة المشغل. ولكن حينما يلزم نقل الدالة الى ابعاد من موقع واحد او تحريك الاشارة بمرونة وسرعة زائدتين والى مسافات متفاوتة كما يحدث في الالعب فان المفاتيح لا تلائم مثل هذه المهمة. لذلك صمم المهندسون ادوات تسمح للمشغل بتحريك الدالة بطواعية كاملة. من ابرز هذه الادوات «الفارة» التي تمسك باليد وتحرك فوق سطح املس وتستطيع نقل الدالة الى الاتجاه المطلوب. والفارة على نوعين بصري (Optical) (الصورة العليا)، وآلي (Mechanical) (الصورة السفلى).

يعتمد جانب كبير من التواصل بين الكمبيوتر ومشغله على الدالة المنزلقة. وهي المؤشر الالكتروني المضيء الذي تنحصر سهمته في الدلالة على المكان الذي ستنتم فيه الخطوة التالية من التعامل مع الكمبيوتر. تتحرك الدالة المنزلقة مستجيبة لتعليمات صادرة عن لوحة المفاتيح. فاذا قمنا بالضغط على اشارة ما (حرف او رقم او رمز) على لوحة المفاتيح تنتقل الدالة موقعا واحدا الى اليمين. كما وان الضغط على احد المفاتيح الوظيفية الخاصة المتعلقة بالدالة ينقل الاشارة الى اي من الجهات الاربع - فوق او تحت، الى اليمين او اليسار -

تمتاز الفارة البصرية بانها لا تملك اية اجزاء متحركة. وهي تستعمل دائما الى جانب لبادة (Pad) مغطاة بمصبغة (Grid) من الخطوط المتعاقبة العمودية والافقية. فحينما نمرر الفارة فوق المصبغة يتولى الضوء المنبعث من مصابيح داخلية دقيقة انارة السطح. فتقوم عدسة بتركيز شكل الخطوط ثم تعكسها مرآة داخلية على مستشعر (Sensor) يطلق عليه كاشف ضوئي (Photodetector) على اثر ذلك تتم ترجمة المعلومات المكتونة في الكاشف الى اشارات ترسل الى الكمبيوتر والذي بدوره يحول الاشارات الى بيانات والبيانات الى حركات تقوم بها الدالة على الشاشة.

صمام ثنائي مضيء

في الفارة الآلية يجري العمل بطريقة مختلفة. فتحركات الطابعة المتدرجة يجري تعقبها اما بطريقة آلية او بصرية. والجهاز المبين هنا الى جانب هذا النص هو من النوع البصري. تتولى الطابعة تحريك اسطوانتين في اتجاه دائري. هاتان الاسطوانتان مثبتتان في وضع عمودي نسبة الى بعضهما البعض. كل واحدة تحمل قرصا مخزما على احد طرفيها. يتولى القرص اعترض الضوء المنبعث من صمام ثنائي مضيء (Light-emitting diode-LED) وتتولى ترانزيستر ضوئي (Photo-transistor) الطرف الاخر للقرص، تسجيل نبضات كهربائية. معبرة عن اشارات حركية. هذه الاشارات ترسل الى الكمبيوتر الذي يحولها الى حركات التي تقوم بها الدالة على الشاشة.





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

بدأنا في الفصل السابق التعرف إلى عملية التأهيل التي يبدأ بها كل عمل كمبيوترى وذلك ضمن إطار تقديم فكرة عما يحدث داخل الكمبيوتر عندما تبدأ بتشغيله، والإلمام بسلسلة الخطوات الإجرائية التي تؤهله للعمل، وفي هذا الفصل نتابع شرح عملية التأهيل.

## تأهيل الكمبيوتر ٢/

التي تمثل ارقاما مكونة من واحد وصفر والغاية منه تحديد موقع برنامج التأهيل في ذاكرة روم (Rom).

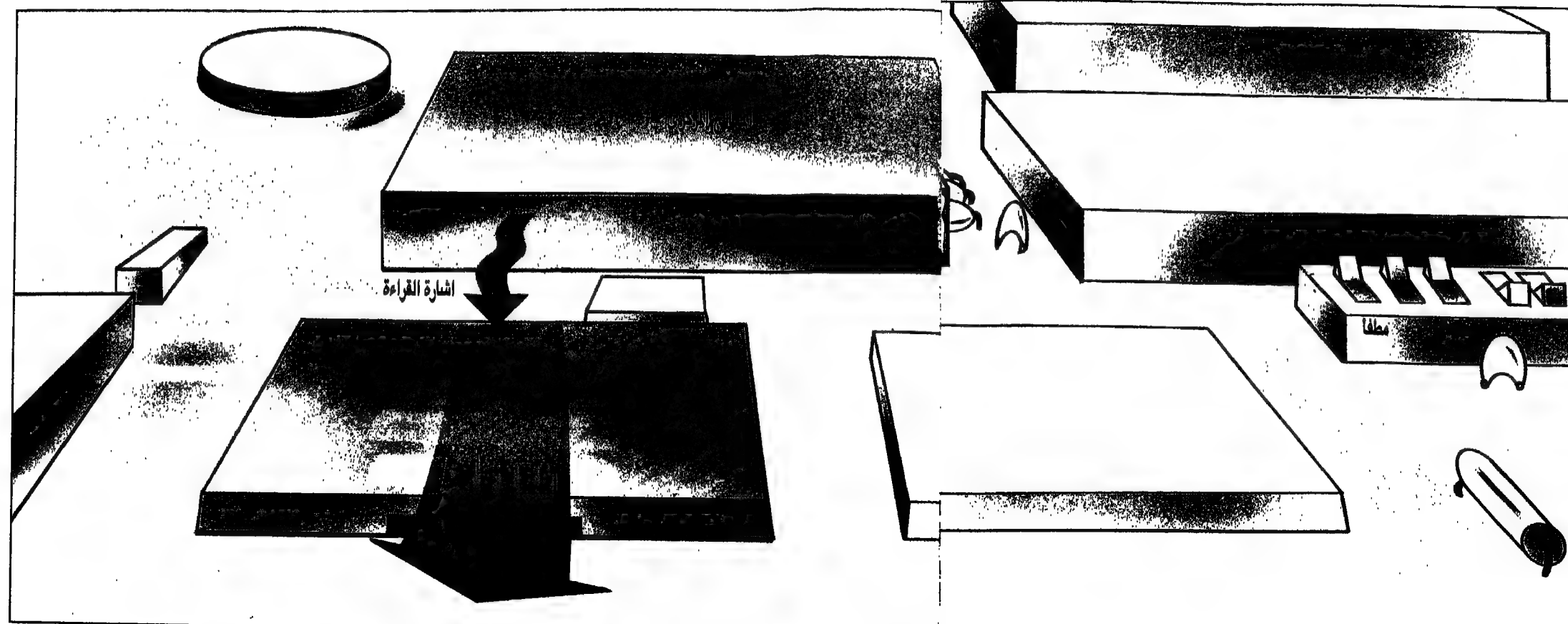
بعدها تتولى وحدة المعالجة المركزية برنامج البدء بواسطة سلسلة من الخطوات الصغيرة التي يصل عددها الى الوف الخطوات. مع كل نبضة للساعة تتخذ البيانات على سكة العناوين النمط الثماني اي تتألف من ثمانية بتات تمثل مكان وجود اول تعليمة والقاضية بتأهيل الكمبيوتر واعداده للعمل. في الوقت نفسه يكون عنوان التعليمة الثانية، قد اصبح جاهزا في عداد البرنامج. ومع النبضة التالية تتولى الدارات تفكيك رموز العناوين وتحديد موقع العنوان. ومع النبضة الثالثة التالية يجري تنبيه الشريحة الملائمة في ذاكرة روم واعدادها لاستقبال التعليمات.

تبدأ عملية التأهيل فور تشغيل الكمبيوتر بإدارة مفتاح الطاقة وانتشار الكهرباء في الجهاز ومعه تبدأ سلسلة من الخطوات المبرمجة. اول ما يتحرك هو ساعة الكمبيوتر التي تقوم بإرسال اشارات ايقاعية منتظمة مهمتها الايدان بكل عملية من ملايين العمليات التي يقوم بها الكمبيوتر.

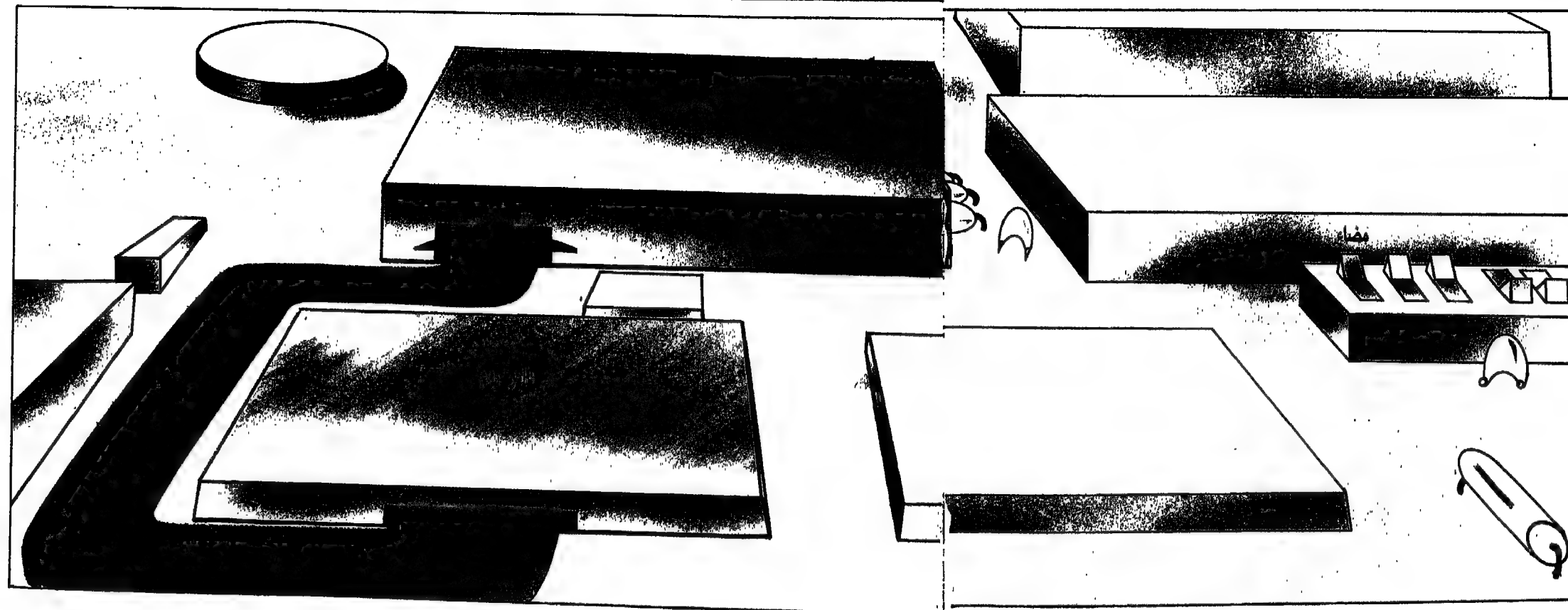
عند انطلاق اولى الاشارات النابضة للساعة يتم تفريغ جميع دارات الكمبيوتر وسجلاته العائدة الى وحدة المعالجة المركزية لجعله مستعدا لتقبل التعليمات الجديدة. وحالما يتم ذلك نلاحظ ان عداد البرنامج يعود الى الصفر.

عندها يصبح الجهاز جاهزا لتنفيذ عملية التأهيل. فعند انطلاق النبضة التالية للساعة يجري تحميل العداد عنوانا على شكل تسلسل من الفولطات الكهربائية المرتفعة والمنخفضة





حينما تنبض الساعة نبضتها التالية  
تعمد وحدة المعالجة المركزية الى ارسال  
إشارة ضوئية، تشير بـ «أقرأ» الى شريحة  
روم. فتقوم هذه فوراً بنقل البيانات  
وتجهيزها على سكة البيانات. ومن  
الضروري ان يتم ذلك بحسب هذا  
التسلسل من اجل ضمان عدم ارسال اية  
بيانات عبر السلك الداخلي ما لم يتم تنبيه  
الجهة المعدة لتسلمها والضمان ذلك يتم  
تحديد نبضة الساعة وإشارة «أقرأ» عبر  
بوابة و. وما لم تكن كلتا الإشارتين  
صحيحتين، فإن الأوامر تتوقف. (من اجل  
معرفة طريقة عمل البوابات المنطقية  
يراجع الفصل الثالث عشر).

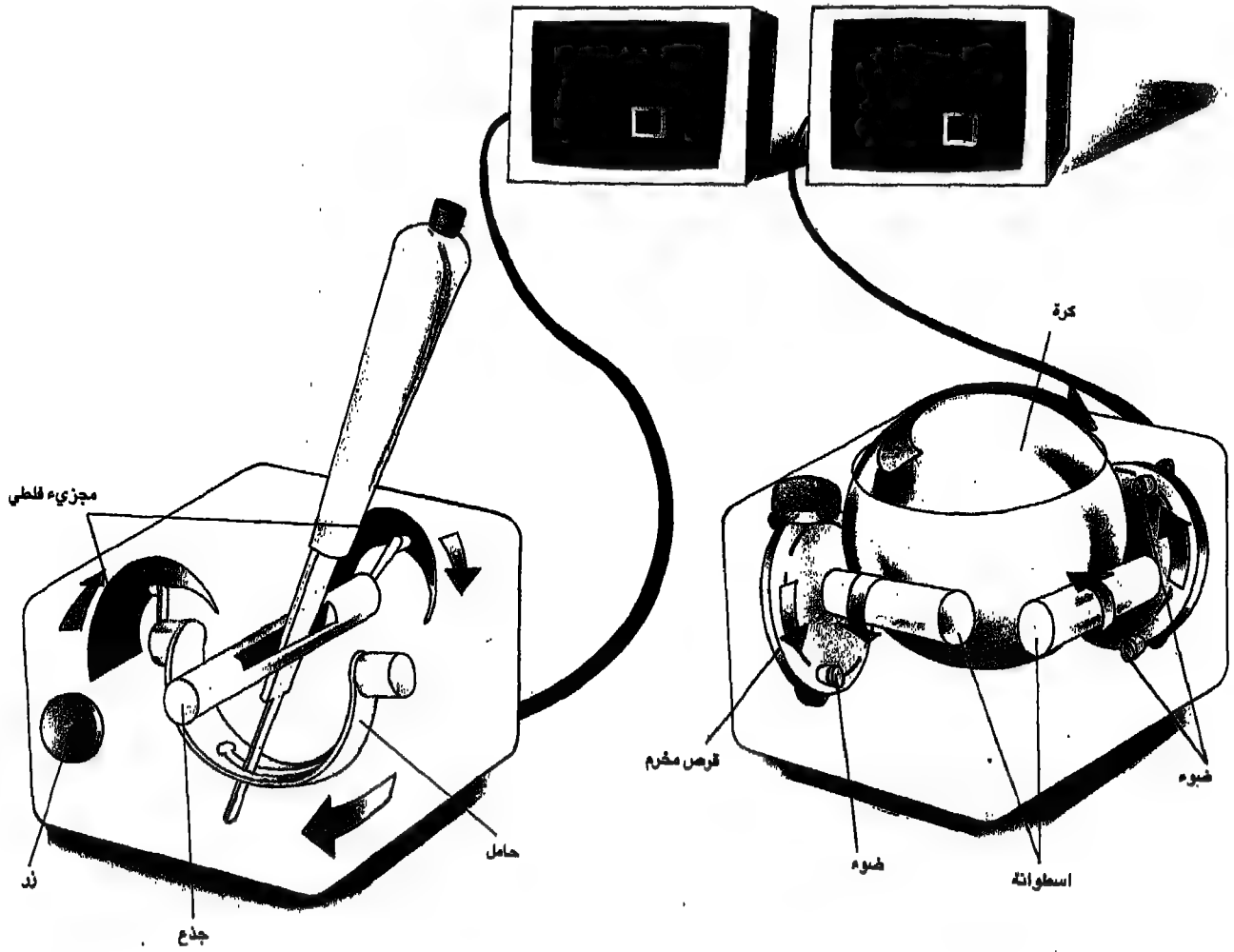


حينما، تستقر البيانات المختارة من  
العنوان المحدد المطلوب في ذاكرة روم على  
سكة البيانات فإنها تعود مجدداً الى وحدة  
المعالجة المركزية. عندما تنبض الساعة  
نبضة تالية تلتقط منها وحدة المعالجة  
المركزية البيانات من السكة وترسلها الى  
موضع خاص فيها هو مركز السجلات. ولما  
كانت هذه الدفعة من البيانات التي  
تتسلمها وحدة المعالجة المركزية هي اول  
دفعة منذ ان بدأنا تشغيل الجهاز، فإنها  
تفهم البيانات على انها تعليمات ينبغي فك  
رموزها لدى صدور نبضة جديدة من  
الساعة. ان هذا التسلسل: عداد  
البرنامج، سكة العنوانين، ذاكرة روم،  
سكة البيانات، فك رموز التعليمات سوف  
يتكرر مئات المرات الى ان يتم نقل جميع  
البيانات التي تشكل تعليمة التاهيل الى  
وحدة المعالجة المركزية حيث يجري  
تنفيذها واحدة تلو الأخرى. ومع انتهائها  
تكون عملية التاهيل قد تمت.



## صابط الالاب

حينما يتعلق الامر بالالاب والرسوم التصويرية الكمبيوترية فهناك ادوات اكثر تخصصا لتحريك الدالة المنزلقة. ابرز هذه الادوات المسلاة القياسية (Analog Joystick) وكرة الاقتفاء (Trackball).



تتضمن المسلاة القياسية على مجزئين فلطيين (Potentiometer) مثنيتين بشكل متقاطع، أي أن جذع الاول يتقاطع بزاوية تسعين درجة مع حامل الثاني. تتحرك قاعدة المسلاة على كل من جذع المجزئ الاول وحامل المجزئ الثاني. يتولى احد المجزئين تسجيل التحركات العمودية، في حين يتولى الثاني تسجيل التحركات الافقية. وحينما تتحرك المسلاة يتدحرج الجذع الاعلى باتجاه في حين يتحرك الحامل في اتجاه آخر. ويتولى الكمبيوتر تسجيل عينات الفلطات المتنوعة التي يتلقاها من كل مجزئ فلطي ويحولها الى حركات للدالة المنزلقة على الشاشة.

تعمل كرة الاقتفاء على غرار الفارة الآلية ولكن عوضا عن تحريك الاداة كلها فوق سطح اللبادة فاننا نحرك الكرة وحدها في حين تبقى الاداة ثابتة في مكانها. تقوم اقراص مخرمة في نهاية اسطوانتين باعتراض شعاعين ضوئيين وعندها تنقل خلية كهروضوئية استشعار النبضات الضوئية ويثاها على شكل معلومات الى الكمبيوتر. وبدوره يترجم الكمبيوتر المعلومات الى حركات للدالة المنزلقة.



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات

يبدأ كل نشاط كمبيوترى بعمليتين هما التأهيل أي إعداد الكمبيوتر لتلقي التعليلات الجديدة فور تشغيله بعد أن يكون مُطفأً والتدقيق أي سلسلة عمليات التدقيق الذاتية التي يقوم بها الكمبيوتر للتثبت من أن كل شيء على ما يرام وأن الكمبيوتر أصبح جاهزاً للتعليلات. في فصلين سابقين عرضنا عملية التأهيل، وفي هذا الفصل نعرض كيف تتم عملية التدقيق.

## الفصل الحادي والعشرون عملية التدقيق

المعالجة المركزية. فتقوم وحدة المعالجة المركزية بمطابقة البايث «الواحد اليها مع البايث الذي كانت قد أوفدته هي». فإذا كان الاثنان متماثلين كانت نتيجة التدقيق ايجابية اي سليمة.

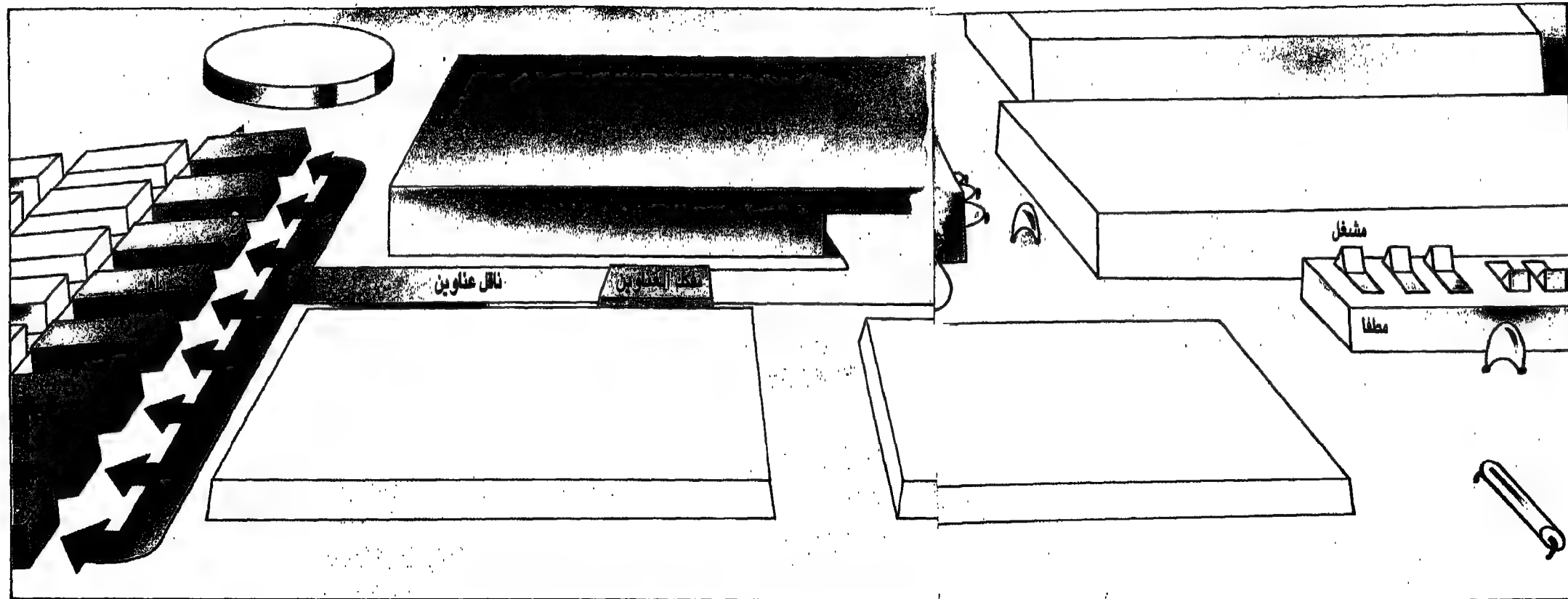
أن تدقيق كل شريحة بصورة كاملة يتطلب من وحدة المعالجة المركزية اجراء هذا الاختبار ٥٣٦ ٦٥ مرة. لكن خلال ذلك تكون شرائح اخرى قد اختبرت بدورها. فإذا وجدت وحدة المعالجة المركزية اية اخطاء تقرر عندها ان بعض اجزاء رام معطوبة وينبغي عدم استعمالها.

فور انتهاء عملية التأهيل التي تتم بسلسلة اجراءات بفاصل لا يتجاوز ٣٠ نانوثانية بين الواحد والآخر (النانوثانية هي جزء من بليون من الثانية) تبدأ عندها عملية التدقيق التي تتولاها شريحة رام وهي شريحة الذاكرة القابلة للقراءة والكتابة. والغرض من عملية التدقيق هذه هو التثبت من ان جميع شرائح الكمبيوتر تعمل بانتظام. وبدورها فإن هذه العملية تتألف من ملايين الاجراءات المنفصلة. اما الوقت الذي تستغرقه - وهو لا يتجاوز عادة بضع ثوان - فيتوقف على سعة ذاكرة الكمبيوتر.

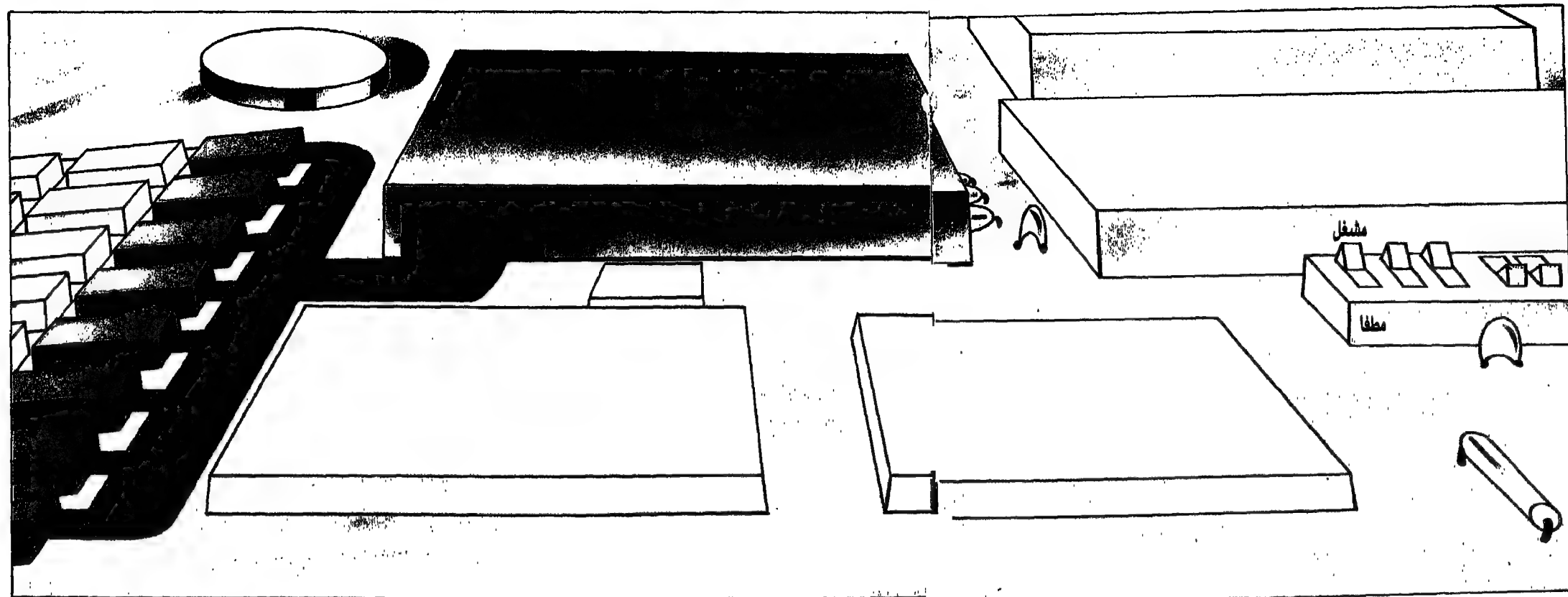
تعتبر عملية التدقيق التي تقوم بها شريحة رام معقدة لسببين: الاول هو ان ذاكرة رام الاعتيادية سعتها ٦٤ ك. ب. من المعلومات اي ٦٥٥٣٦ بتا من المعلومات (كل ك. ب. يساوي ١٠٢٤ بتا). والثاني هو ان هذه الشرائح الدقيقة تخزن المعلومات الالكترونية بطريقة مختلفة كلياً عن الطريقة التي تخزن فيها شريحة روم (ذاكرة قراءة فقط) المعلومات. فإذا عدنا الى رسوم الحلقتين السابقتين، نلاحظ ان وحدات المعلومات في ذاكرة روم والمؤلفة من ثمانية بتات والتي تقرأها وحدة المعالجة المركزية موجودة على شريحة واحدة. في حين ان البتات الثمانية المخزونة في ذاكرة رام والتي تشكل وحدة معلومات محفوظة في ثماني شرائح مختلفة وبتسلسل ثابت. هذا الاسلوب لا يتيح لمصمم الكمبيوتر الافادة القصوى من المساحة المخصصة للخرن فحسب وانما تسليكا (Wiring) افضل على عارضة (Board) الكمبيوتر.

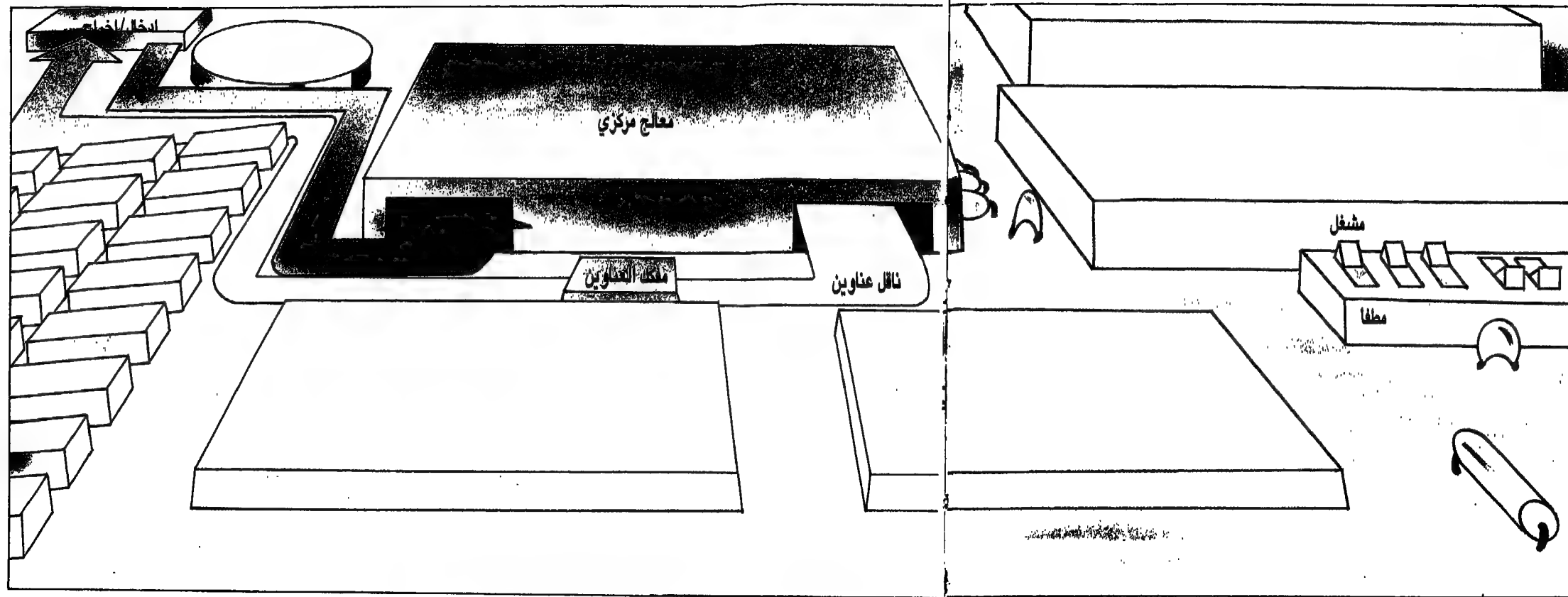
وكي يتم التأكد من انه لا توجد اية شريحة معطوبة في ذاكرة رام تقوم وحدة المعالج المركزية على سبيل الاختبار بارسال مجموعة من البيانات عبر سكة (باص) العنوانين (اللون الاصفر) الى عنوان معين. فيقوم مفك رموز العنوانين بتنبيه كل شريحة من الشرائح الثماني والتي سوف تحتفظ كل واحدة منها ببت واحد من البيانات، وحينما يتأكد من ان كل شيء على ما يرام يحفظ كل بت في شريحة. بعد ذلك تطلب وحدة المعالجة المركزية قراءة البيانات التي تم خزنها للتو. فيقوم مفك الرموز، من جديد، بتنبيه الشرائح الثماني بارسال كل بت تلو الآخر عبر سكة البيانات (اللون الازرق) الى وحدة



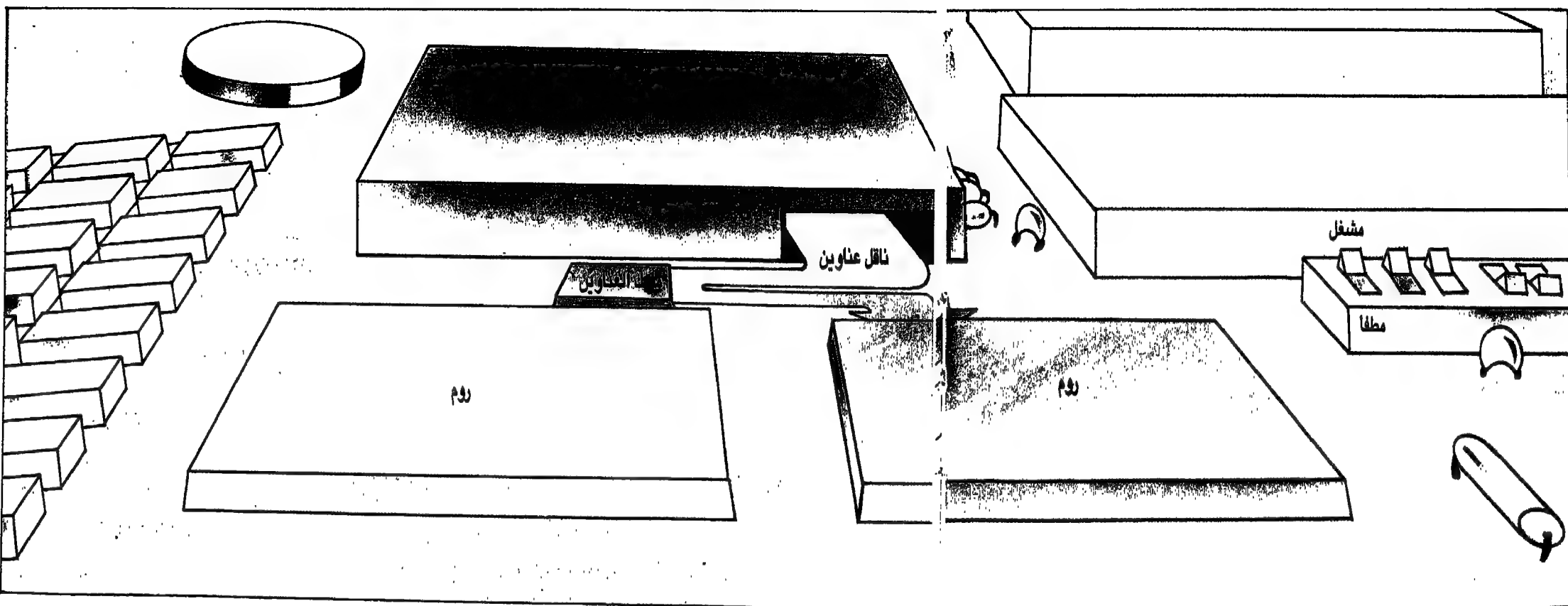


لاختبار ذاكرة روم (ذاكرة القراءة والكتابة) تتولى وحدة المعالجة المركزية «كتابة» بمعنى إرسال قطعة نموذجية من البيانات الى كل موقع في الذاكرة (الرسم اعلاه). ومن اجل كتابة بايت واحد (اي ثمانية بتات، وكل بت يمثل حرفاً او اشارة) على ذاكرة رام يتولى مفكك رموز العناوين البحث عن ثنائي شرائح منفصلة، كل واحدة منها تخزن بتاً واحداً من البيانات ولكنها تشكل معاً عنواناً واحداً. وحينما يتم تخزين البيانات الاختبار هذه في ذاكرة رام لجزء بسيط من الثانية لتشير وحدة المعالجة المركزية برغبتها في قراءة البيانات في واحدة من سجلاتها (الرسم الاسفل). وكل شريحة تحتفظ ببِت هو جزء من بايت كامل يشكل وحدة الاختبار ويطلق عبر سكة البيانات. فيتم نقل البايت بكامله ثانية الى وحدة المعالجة المركزية للمطابقة بين البيانات المرسله وذلك العائدة. هذه الدورة تتكرر الى ان يتم اختبار كل شرائح ذاكرة رام.





بعد ان يتم اختبار شرائح الذاكرة  
يتولى الكمبيوتر اجراء اختبار مشابه  
على بوابات الادخال والاخراج، ويتولى  
برنامج خاص ارسال تعليمات تلو  
الآخرى لاجراء الاختبار وعلى نفس  
المخول المفصل انفا. فتقوم وحدة  
المعالجة المركزية بارسال سلسلة من  
الاشارات المتكررة الى البوابات عبر  
القسم الخلفى لعرضة الكمبيوتر. بعد  
ذلك يتم تدقيق بوابات المراقب والطابعة  
وغيرهما من الاجهزة الملحقة.



آخر ما يتلقاه برنامج تاهيل  
الكمبيوتر على صعيد التدقيق هو  
مجموعة تعليمات تبلغ وحدة المعالجة  
المركزية امر تدقيق شريحة روم خاصة  
لاستخراج التعليمات التالية. هذه  
الشريحة تتضمن لغة داخلية تكون  
عادة مكتوبة بلغة بايسيك (Basic) او  
برنامجا ضمنيا للمستخدم مثل معالج  
نصوص. خلال ثوان من ادارة الجهاز  
تنتقل عملية التدقيق والضبط في  
الكمبيوتر الى هذا البرنامج او الى هذه  
اللغة. فتظهر رسالة على المراقب مشيرة  
الى ان الجهاز اصبح جاهزا. هذه  
الرسالة تختلف بين جهاز واخر، وقد  
تكون رسالة ترحيب ودية. ولكنها في  
اغلب الاحيان عبارة: 'جاهز' (Ready).

مَاهُو؟	كَيْفَ يَعْمَلُ؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرقيات



بعد أن عَرَضْنَا فِي ٢١ فصلاً مُكوِّنات الكمبيوتر ولغته الإلكترونية ومنطقه الرياضي والدارات الثنائية التي تُسِيرُه والطريقة التي يَتِمُّ بها تأهيله للعمل، نَبْدَأُ مع هَذَا الفصل استعراضنا للأجهزة الأساسية المُلْحَقَة بالكمبيوتر وطريقة عملها.

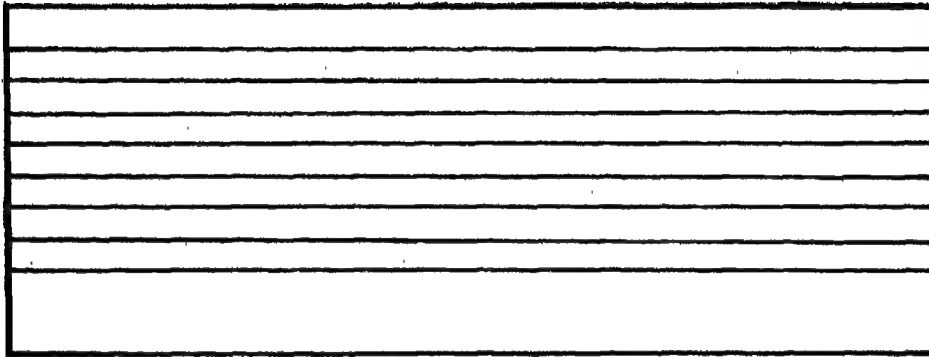
## لوحة المفاتيح

## الفصل الثاني والعشرون

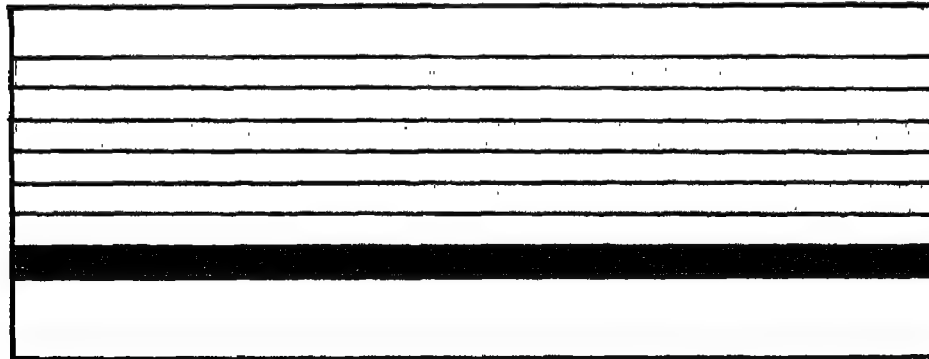
فمفاتيح الآلة الكاتبة هي أشبه بزنادات تطلق، عند الضغط عليها، حركة آلية تؤدي إلى طباعة الحرف أو الرمز على الورق. في حين أن لوحة المفاتيح الكمبيوترية تقوم بدور

تبدل لوحة المفاتيح مثل الواجهة الأمامية للآلة الكاتبة. فهي تحتوي، بدورها على مجموعة مفاتيح طبع على كل واحد منها حرف أو رقم أو رمز أو أمر. وكل ما عدا ذلك مختلف.





تحت كل لوحة مفاتيح تكمن شبكة من الأسلاك. وكل مفتاح يتركز فوق تقاطع شبكي يؤدي تماس كل سلكين متعارضين فيه إلى إغلاق التماس الكهربائي. ونظرا إلى أن كل مفتاح يؤثر في وقت واحد على خط اقي وآخر عامودي من الشبكة فإن المعالج الصغري للوحة المفاتيح لا يتطلب سوى رصد الخطوط الأفقية لأنها أقل عددا من الأعمدة. ويتولى المعالج ذلك باستخدام التيار الكهربائي لمسح كل صف على التوالي وذلك عدة آلاف من المرات في الثانية الواحدة. وعملية المسح هذه تجري سواء كنا نستخدم لوحة المفاتيح أم لا.



قد يستمر المسح الوف المرات دون أية نتيجة إيجابية إلى أن تضغط نحن على أحد المفاتيح. وعندها يبحث المعالج صفا إقليبا حصل فيه إغلاق للدائرة الكهربائية. ومن أجل أن يحدد المعالج المفتاح الفعال، أي المفتاح الذي تم ضغطه على ذلك الصف يبدأ عندها وعندها فقط بمسح الأعمدة ليكشف عن الخط العمودي الذي تم التماس بينه وبين خط اقي.



ونظرا إلى أن مفتاحا واحدا فقط يمكن تفعيله على اللوحة فوق نقطة معينة من تقاطع الصفوف والأعمدة فإن المفتاح المضغوط يتحدد بسرعة. فيسجل المعالج موقعه ويثبت المعلومات عند المواقع كرمز مفتاحي (Key code). وعندما يتابع المعالج مسح اللوحة بحثا عن ضربات مفاتيح أخرى فإنه يتجاهل المفتاح المضغوط إلى أن يحرره الطابع برفع أصبعه عن المفتاح. لمسح المجال لتحديد مواقع مفاتيح مضروبة أخرى طوال فترة استمرار الضغط على المفتاح الأول.

بلاستيكية. هذا النوع من اللوحات يستخدم عادة للتحكم بالكمبيوترات التي تقوم بعمليات محدودة الخرج. فقد نشاهد منها في المطاعم أو المصانع حيث تحمل اشارات محددة مثل «أبدأ» أو «توقف» أو رموزا تمثل أنواعا محددة من الاصناف المعروضة للبيع. وفي الواقع أن المفاتيح الفشائية لا تصلح للأعمال التي تتطلب على مقادير كبيرة من البيانات.

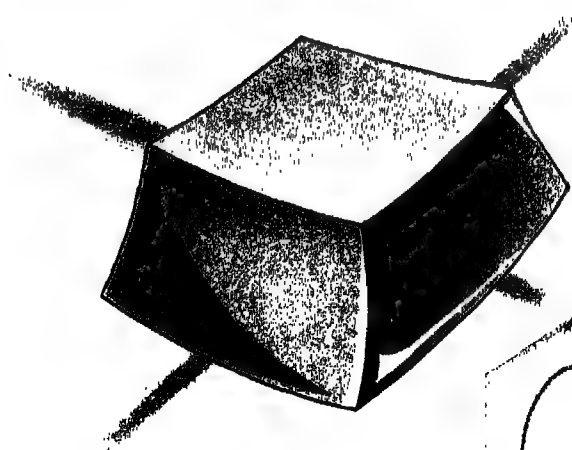
مختلف. فهي تطلق اشارات كهربائية تسجل مكان ضربات المفاتيح وتسلسلها. هذه الاشارات تؤدي معاني مختلفة كما وأن النتيجة المباشرة لها غير ظاهرة بالنسبة للجالس وراء الجهاز.

رغم أن لوحات المفاتيح التي تستخدم مفاتيح شبيهة بمفاتيح الآلات الكاتبة هي الأكثر شيوعا فإن هناك أنواعا من لوحات المفاتيح مجهزة بـلوحات غشائية (Membrane Panels) - هي عبارة عن بدالات لمسية - الإحساس تبطن سطحا

أن الإشارة التي يولدها المعالج الصغري للوحة المفاتيح لا تعني سوى التفسير الواحد المعطى للرمز في الجدول الذي يحتويه الكمبيوتر. وقبل أن يتمكن الكمبيوتر من معالجة رمز ما عليه أن يفسر الرمز ويحوّله إلى معلومات ذات معنى. ولهذا يصار إلى تزويد كل كمبيوتر بكشاف الكتروني جدولي. Look - up table

يربط كل رمز بقيمة رقمية ثنائية ويلجأ إليه الكمبيوتر ليحدد قيمة الحرف الأبجدي أو الرقم أو الرمز المضروب. ويتواجد الكشاف الجدولي في ذاكرة الكمبيوتر الثابتة أو في لوحة المفاتيح نفسها. وعادة فإنه يحدد معاني المفاتيح على ضوء استعمالاتها الشائعة المتداولة. على أن بعض البرامج تتطلب جداول مختلفة تعطي المفاتيح معاني أخرى تتلائم

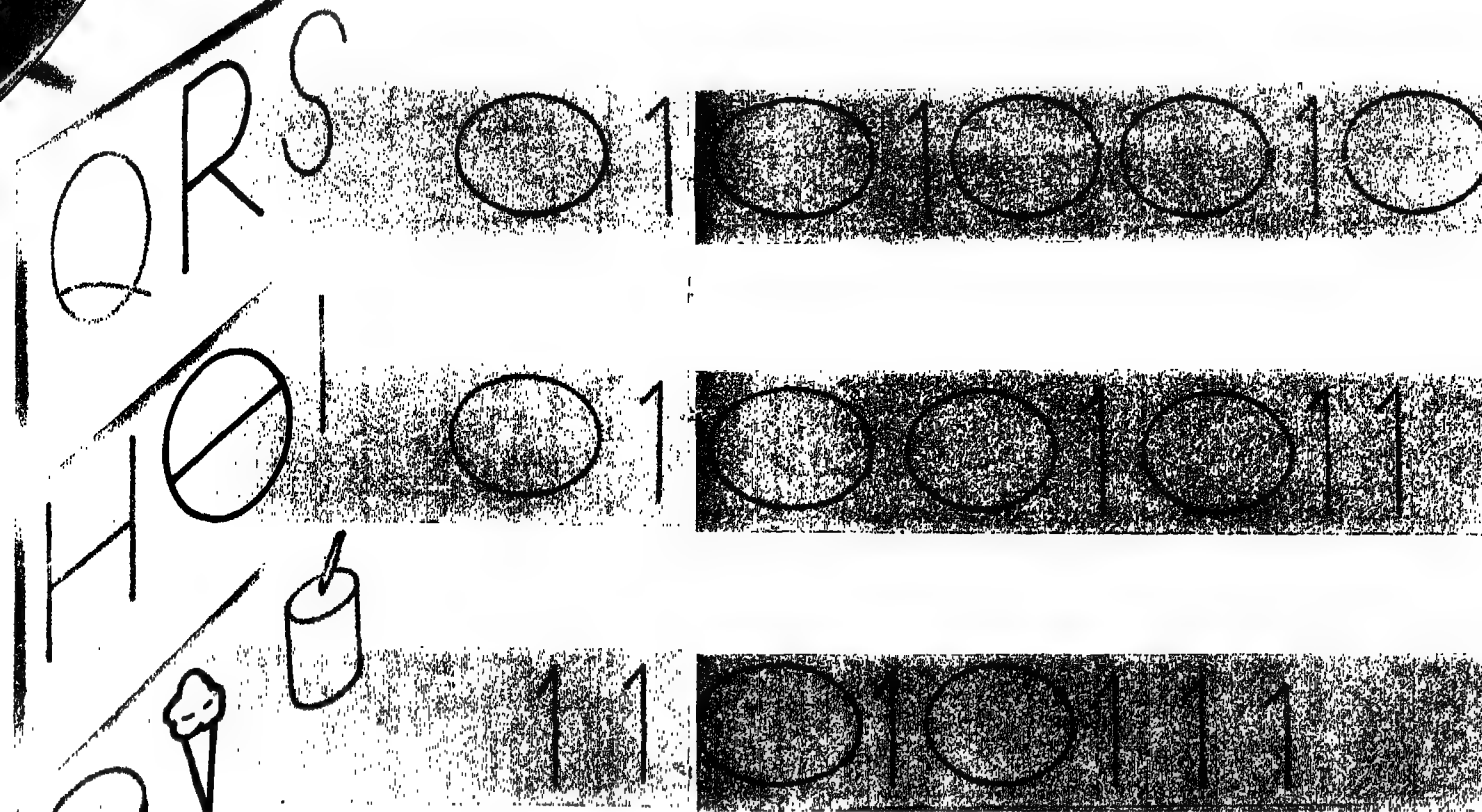
والاستعمالات الخاصة أو الإضافية المرسومة للكمبيوتر. وهكذا فإن الكمبيوتر الذي يعالج مفاتيح تشتمل على حروف رومانية وأرقام عربية يستطيع أن يعطي نفس المفاتيح معاني أخرى تنطبق على أصناف شرائية أو رموز رياضية. وغالباً ما تعتمد في الكمبيوترات جداول رموز خاصة لترجمة الحروف والأرقام إلى لغة ثنائية. هذه الجداول معروفة بقائمة اسكي المعايير والتي تستخدم ١٢٨ رقماً ثنائياً لتحويل الأحرف العليا والسفلى والأرقام والرموز الطباعة وعدد من الكودات الأمرية التي تأمر الكمبيوتر للقيام بمهام معينة كترك فراغ بين كلمة وأخرى أو العودة إلى الوراء أو زن جرس، إلى اللغة الرقمية الثنائية التي يفهمها الكمبيوتر.



الر تلي رمز مفتاحي يبعد عن مكان المفتاح المضغوط يلجأ الكمبيوتر إلى كشف جدولي (Look - up table) ليحدد المعنى الذي يجب أن يعطيه لذلك المفتاح. هذا الجدول هو قائمة رموز اسكي. وفي مقلنا المرافق فالرمز يعني حرف (R) اللاتيني والذي يعطيه الرقم الثنائي 01010010

وعلى افتراض أننا نستخدم لغة غير اللاتينية لكن اليونانية مثلا، فإن الكمبيوتر يعتمد على جدول آخر ليحدد بواسطته معنى الرمز المفتاحي وسوف يجد أن الحرف هو ديتاء والذي يعطيه الرقم الثنائي 01001011

وإذا يكون المفتاح رمزا لا يمثل حرفاً أبجدياً، كان يكون إشارة لقرن البوطة (الأيس كريم). وبواسطة جدول خاص يفهم الكمبيوتر أن الرمز المفتاحي الذي نلقاه يعني أن ما حصل بيعة هو البوطة. ويستطيع الكمبيوتر الذي يعمل بنظام رقمي ثنائي أن يقرأ ٢٥٦ رمزا وبالتالي صنفًا مختلفًا.





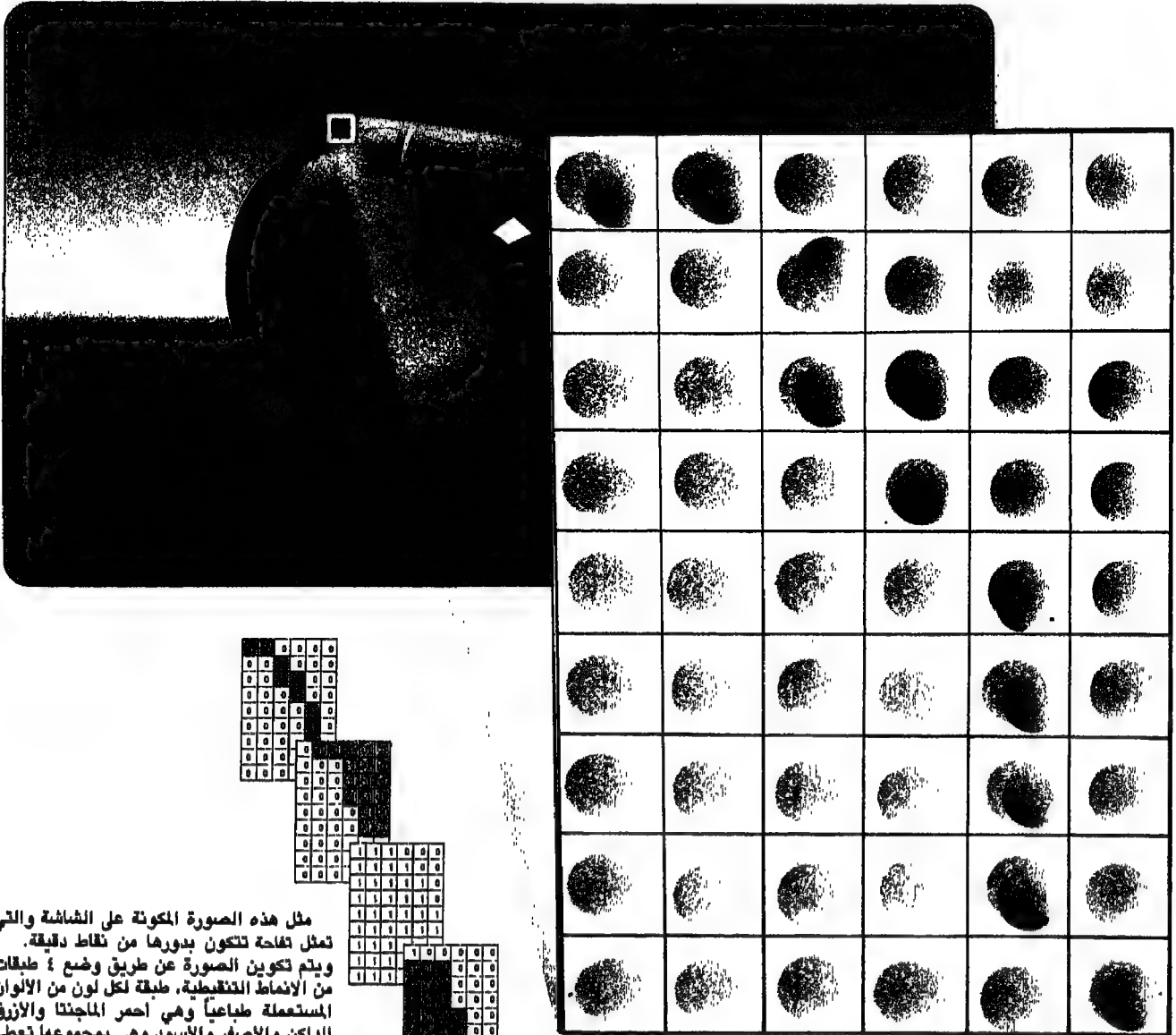




ذاكرة مولد الحروف التعليمات الخاصة بكل شكل ويستدعيها واحدة تلو الأخرى لترجمتها وعرضها على الشاشة أو الطباعة.

بالنسبة للصور تستعمل قوالب مشابهة تتبع تكوين رسوم صغيرة كالأشكال المتحركة في ألعاب الفيديو (من صواريخ وطائرات إلى كائنات فضائية الخ...) ولكن معظم الرسوم التصويرية تعالج كما لو أن كل رسمه هي فريدة من نوعها وجديدة. كما وأن الكمبيوتر يعالج الرسم ككل وليس على صورة أجزاء حتى وإن كان تنفيذ الرسم يبدأ نقطة تلو الأخرى.

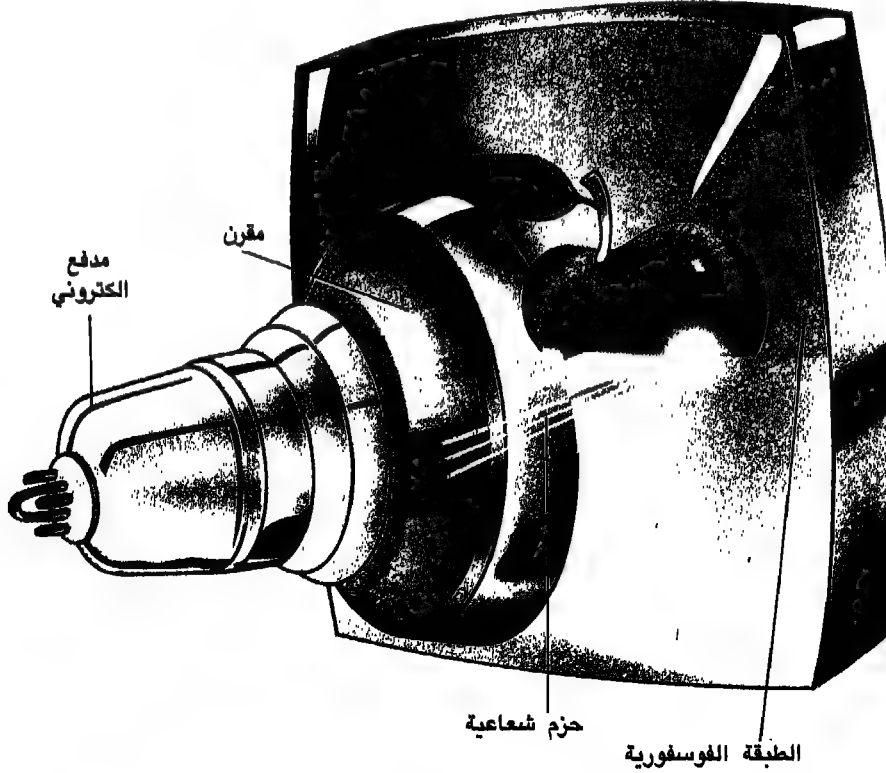
(Character Generator) والتي تتسلم رموز الأحرف المعدة للخروج وتترجمها؛ حرفاً تلو الآخر، إلى مجموعات (Blocks) متساوية الحجم مؤلفة من احاد واصفار - وكل صفر أو واحد يتحكم بنقطة واحدة من النقاط التي يتألف منها الشكل المعروض على الشاشة، والتي يطلق عليها اسم نقاط مضيئة (Pixels). جميع الاحاد والاصفار التابعة للمجمع الواحد، تشكل، مجتمعة، خريطة للحرف ومتواجدة في ذاكرة مولد الحروف. وهذا الترتيب من شأنه أن يخفف العبء عن وحدة المعالجة المركزية والذاكرة المركزية معاً. ولما كان شكل كل حرف يرمز به ٤٤ رقماً إصبعياً ثنائياً (Binary Digit) فإن الكمبيوتر يحقق مقداراً كبيراً من الكفاءة حينما يحفظ في



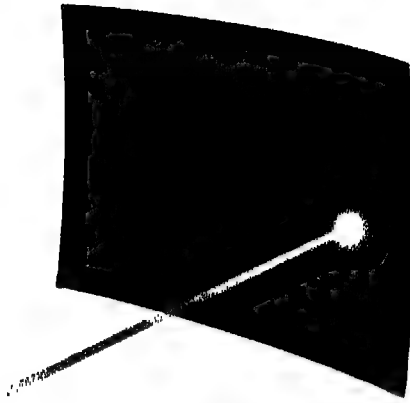
مثل هذه الصورة المكونة على الشاشة والتي تمثل تلمحة لتكون بدورها من نقاط دقيقة. ويتم تكوين الصورة عن طريق وضع ٤ طبقات من الأنماط النقطية، طبقة لكل لون من الألوان المستعملة طباعياً وهي أحمر الماجنتا والأزرق الداكن والأصفر والأسود وهي بمجموعها تعطي الرسم شكله المطبوع. فإذا كنا نشاهد الصورة الملونة على الشاشة الفيديوية فإن كثافة كل لون على الشاشة يمكن تعديلها بما يتلائم مع أذواقنا.

الذي لحقها هو في مجال التحديد (Resolution) وهو العامل المسؤول عن تمكين الشاشة من اعطاء مزيد من التفاصيل في الصورة المعروضة. وهناك أنابيب إشعاعية كاثودية قادرة على اظهار صور مكونة مما لا يقل عن تسعة ملايين نقطة مضيئة

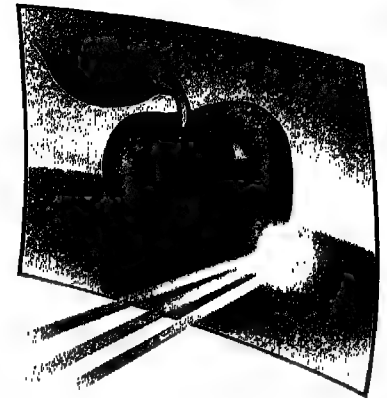
في معظم الكمبيوترات تتألف شاشة المراقبة من أنبوب اشعاع كاثودي المائل للشاشة التلفزيونية. وبمرور الوقت أصبحت الأنابيب الإشعاعية الكاثودية أكثر نقاوة وصفاء وبالتالي قدرة في مجال التلوين والتكثيف. والتطور الأكبر



في أنبوب اشعاع كاثودي يتولى مدفع الكتروني مستقر في العنق الضيق للأنبوب قذف حزمة شعاعية (Beam) من الإلكترونات باتجاه الشاشة المطليّة من واجهتها الداخلية بالفوسفور الذي من شأنه أن يتوهج لفترات قصيرة كلما أصيب بالمقذوفات الإلكترونية. وفي طريقها نحو الشاشة، تمر الحزمة الشعاعية عبر مقرن (Yoke) كهرومغناطيسي يوجهها استناداً إلى التغيير في الحقلين المغناطيسيين العمودي والأفقي للمقرن. ويتولى الكمبيوتر التحكم بهذه التغييرات وبالتالي بالإنماط التي يشكلها الإشعاع على الطبقة الفوسفورية. وفي أنبوب كاثودي ملون تولد ثلاث حزم شعاعية منفصلة كل منها مسؤولة عن لون مختلف في النقاط المضيئة.



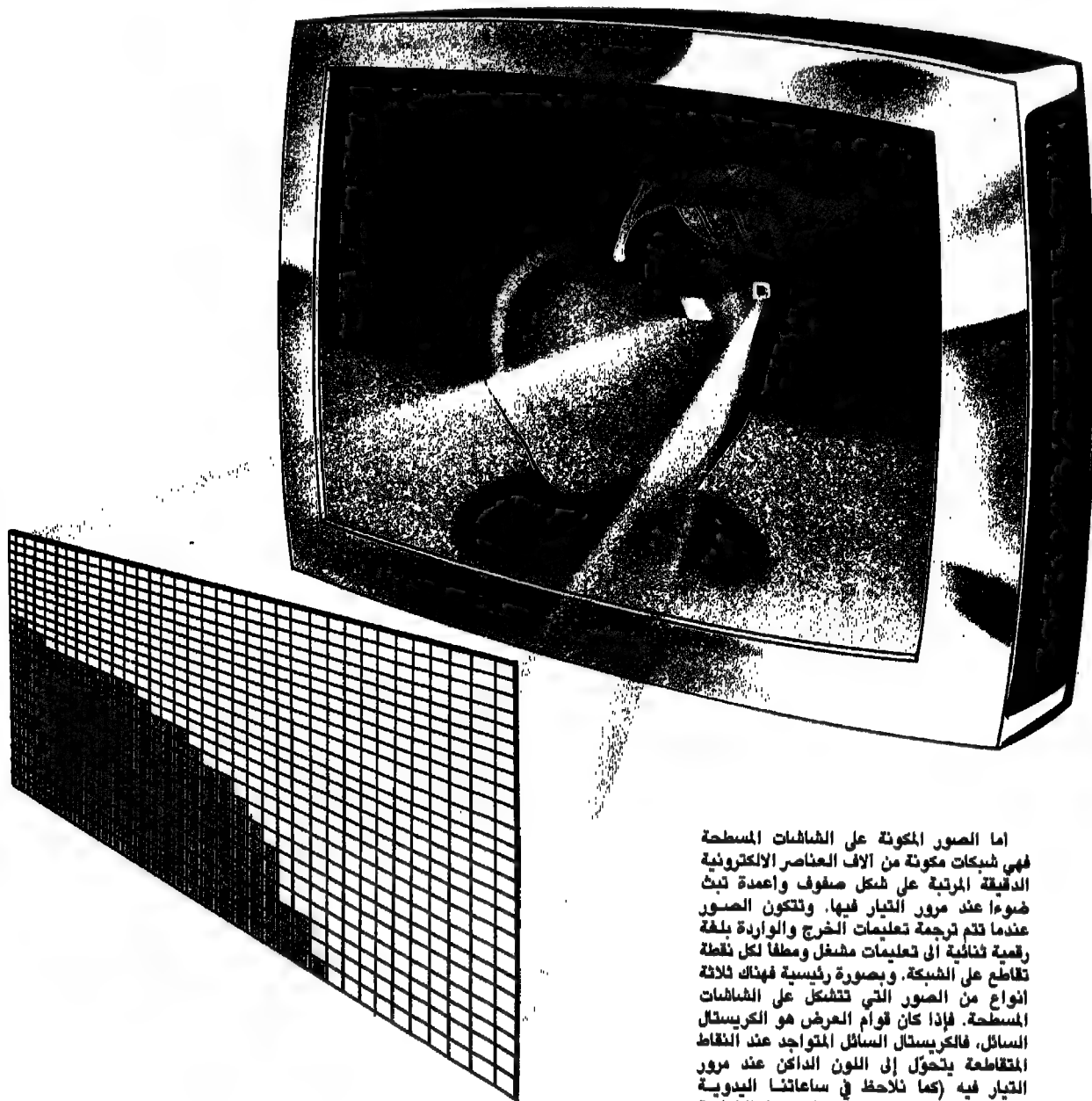
أما الأنبوب الإشعاعي الكاثودي الموجه (Vector CRT) فإنه يخطط حدود الصورة بحزمة شعاعية مستمرة لا بحزمة ذات نبضة متقطعة على أساس مبدأ مشغل ومطلّفا المستخدم في الأنابيب ذي المسح المتوازي. فالحزمة الشعاعية المسيرة بواسطة المقرن توجه بصورة مباشرة من إحدى نقاط الصورة إلى الثانية بصورة خط قطري مائل (Diagonal) وكذلك عمودي وأفقي في آن. أما الشكل الذي يتكون فهو سلبي الشكل وهو يصلح بصورة خاصة في بعض التطبيقات كالهندسة. لكن هذا الأسلوب يتصف بالبطء إلى حد ما كما لا يوفر صوراً مجسمة.



هناك نوع من الأنابيب الكاثودية ذات المسح المتوازي. (Raster-Scan CRT). هذا النوع يكون الرسوم على الشاشة عن طريق قذف الحزم الشعاعية الإلكترونية بنمط أفقي متجهاً من اليسار إلى اليمين ومن أعلى إلى أسفل. فإذا كان المراقبة أحادي اللون فإن حزمة شعاعية الكترونية واحدة تنتقل بسرعة بين حالتين مشغل ومطلّفا بحيث يضاء جزء فقط من النقاط المضيئة وتترك الباقية معتمّة لتشكل الخلفية اللازمة للتباين (Contrast). أما في المراقبة الملون فإن الحزم الشعاعية الثلاث التي تهتج الفوسفور الأحمر والأخضر والأزرق في النقاط المضيئة فتتقلب بدورها بين حالتين مشغل ومطلّفا. وإن الكثافات المتنوعة للألوان الأساسية الثلاثية قادرة على خلق ما لا يقل عن ١٦ مليون تدرجاً لونيّاً.

المسطح. هذه الشاشات ليست أصغر حجماً فحسب بل أقل قابلية للعطب من سواها وتصميمها قائم على مبدأ الاحكام وليس على التجميع المرفه للمكونات الدقيقة داخل انبوب زجاجي مفرغ.

لكل شاشة مقابل ٦٤,٠٠ في المراقيب الكمبيوترية الشبيهة بشاشات التلفزيون المنزلي العادي. ولما كان الاتجاه السائد هو نحو الاجهزة القابلة للنقل والحمل فإن ذلك دفع بمزيد من التجارب على صعيد الشاشات الصغيرة ذات العرض



أما الصور المكونة على الشاشات المسطحة فهي شبكات مكونة من آلاف العناصر الالكترونية الدقيقة المرتبة على شكل صفوف وأعمدة ثبت ضوءاً عند مرور التيار فيها. وتتكون الصور عندما تتم ترجمة تعليمات الخرج والواردة بلفة رقمية ثنائية إلى تعليمات مشغل ومطلقاً لكل نقطة تقاطع على الشبكة. وبصورة رئيسية فهناك ثلاثة أنواع من الصور التي تتشكل على الشاشات المسطحة. فإذا كان قوام العرض هو الكريستال السائل، فالكريستال السائل المتواجد عند النقاط المتقاطعة يتحول إلى اللون الداكن عند مرور التيار فيه (كما نلاحظ في ساعاتنا اليدوية الرقمية). أما إذا كان من البلازما الغازية (Gaz-Plasma) أو العرض المشع كهربائياً (Electroluminescent) فإن النقاط المتقاطعة تتوهج لتشكل الصورة المطلوبة.

ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطريفات



بدأنا في الفصل ما قبل الأخير عرض طريقة عمل الأجهزة الطرفية بدءاً بلوحة المفاتيح إلى المراقب، وفي هذا الفصل نستعرض آلة الطباعة نحتمين بذلك استعراض الأجهزة الطرفية الأساسية لعمل الكمبيوتر.

## الطابعة

### الفصل الرابع والعشرون

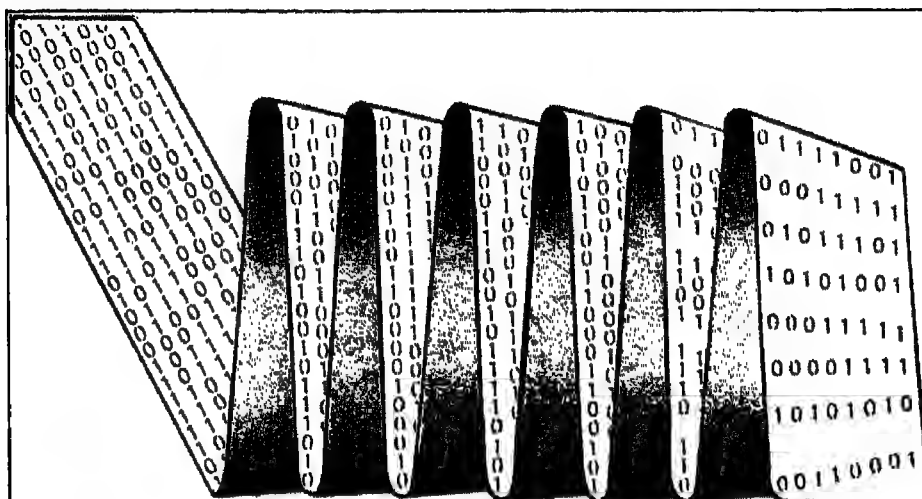
وهناك طابعات وقعية تطبع الاحرف كاملة اي غير منقطة. وهي بدورها على انواع منها ما يطبع النص حرفاً حرفاً ومنها ما يطبع السطر بكامله ولذلك تتراوح سرعتها بين ١٠ احرف في الثانية و آلاف الاسطر في الدقيقة.

بعض الطابعات غير الوقعية تعتمد بدورها اسلوب الطبع التنقيطي واحيانا اخرى اسلوباً شبيهاً بأسلوب آلة النسخ (Photocopy). هذا النوع الاخير يجمع بين المرونة التي تتمتع بها الطابعات التنقيطية والنوعية الرفيعة التي تمتاز بها الطابعات التي تطبع الحرف بكامله دفعة واحدة.

تقع الطابعات، وهي اجهزة اخراج مهمتها صنع نسخة ورقية دائمة عن العمل الذي يقوم به الكمبيوتر، على نوعين رئيسيين. الاول الطابعات الوقعية (Impact) التي تعمل عن طريق ضغط او احداث وقع فوق شريط محبر يمر امام صفيحة ورقية والطابعات غير الوقعية (NonImpact). اما الفارق بينهما فهو في النوعية والسرعة والكلفة. تقوم الطابعات الوقعية برسم الاحرف اما كاملة او منقطة عندها يطلق عليها اسم طابعات تنقيطية (Dot-matrix) وهي اقتصادية يمكن برمجتها لخلق عدد مختلف ومتنوع من الاحرف والرسوم التصويرية. وهي تقوم بالطباعة حرفاً تلو الآخر وتتراوح سرعتها بين ١٠٠ حرف في الثانية و ٦٠٠ سطر في الدقيقة.



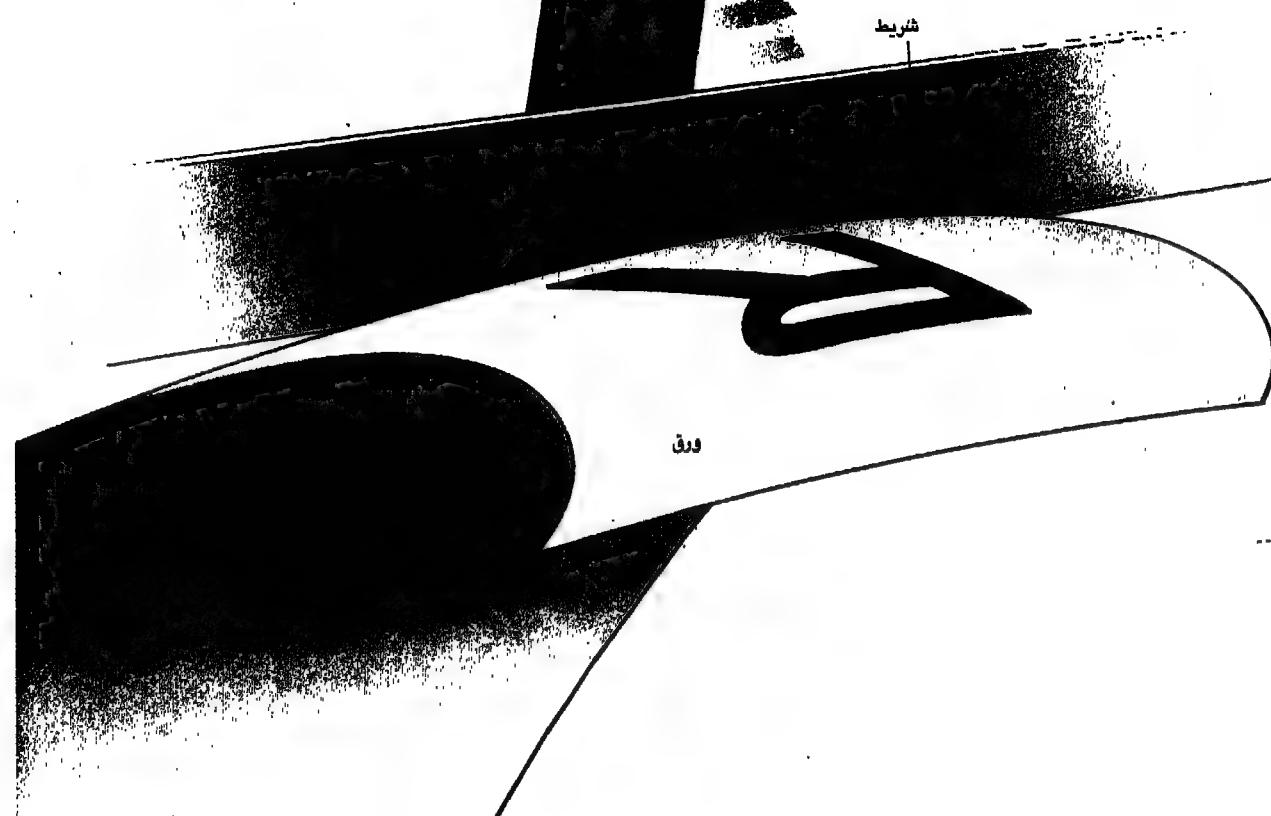
يتألف الراس الطباعي لطابعة تنقيطية من عدد من الدبابيس المرتبة على شكل عمودي. كل دبوس يقوم مقام مطرقة مستقلة تاركاً عند ارتطامه بالشريط المحبر نقطة على الصفيحة الورقية. وحينما يتحرك الراس الطباعي افقياً عبر الصفحة يتم اطلاق الدبابيس مئات المرات وبمئات الانطلاقات المختلفة لخلق اشواط تنقيطية تمثل احرفاً مستقلة. في مثلنا المرفق فان راساً طباعياً مؤلفاً من تسعة دبابيس انهي للتو رسم الاعمدة المنقطعة الخمسة التي تشكل حرف (R) الكبير.

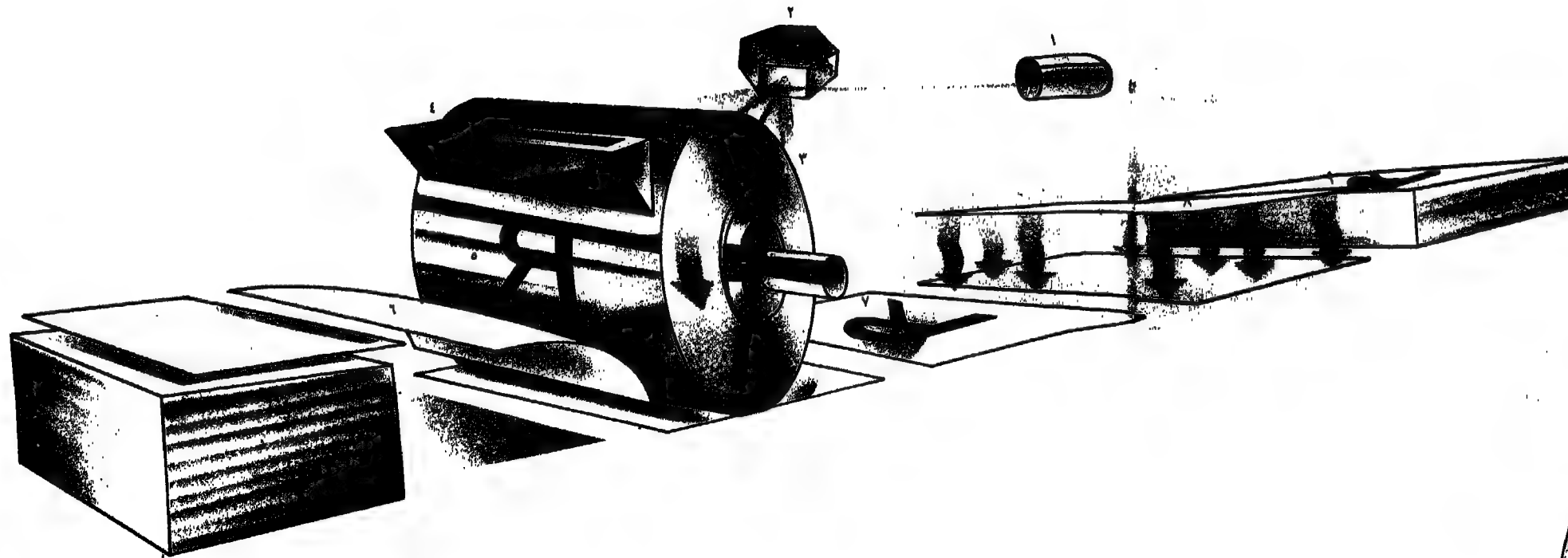


لضمان السرعة تعتمد تقنية خاصة  
قوامها تخصيص ذاكرة مؤقتة يطلق عليها  
الذاكرة العازلة (Buffer) ومهمتها سد فجوة  
السرعة بين الكمبيوتر وأجهزة الدخل  
والخرج. فالطابعات محكومة بمكوناتها  
الميكانيكية ولا تستطيع أن تماشي السرعة  
الإلكترونية التي تمتاز بها الكمبيوترات.  
تتلقى الذاكرة العازلة الموجة بالخرج  
البيانات من الكمبيوتر بالسرعة التي تعالج  
بها هذه البيانات، فتخزنها وتلقمها إلى  
الطابعة بمعدل أدنى من السرعة الذي  
ينسجم مع سرعة الطابعة. هذا الترتيب  
يسمح للكمبيوتر بمتابعة عمله بسرعه  
المعهود دون فقدان أي من المواد المعدة  
للخارج والتي تتدفق بسرعات كبرى.



تتألف العناصر الأساسية للطابعات الوقعية  
من مطرقة وقارصة احرف (Slug) وشريط محبّر  
ورق. تقوم المطرقة بدفع هذه العناصر بعضها  
إلى بعض لطبع الحرف على الصفحة. في الأنواع  
التي تطبع كل حرف على حدة فالقارصات الحرفية  
تُركب على محيط أداة دائرية يطلق عليها اسم  
دولاب (Daisy Wheel) وحينما تقوم المطرقة  
بالضغط على القارصة المعينة التي تتحرك وتنقل  
إلى موقع المناسب نتيجة الدوران السريع  
للدولاب يحصل الوق. أما بالنسبة لبعض  
الطابعات السطرية فإن قارصات السطر ترتب على  
قطعة معدنية مرنة ويحصل الوق، وبالتالي،  
الطبع بضغط الورق على كل حرف.

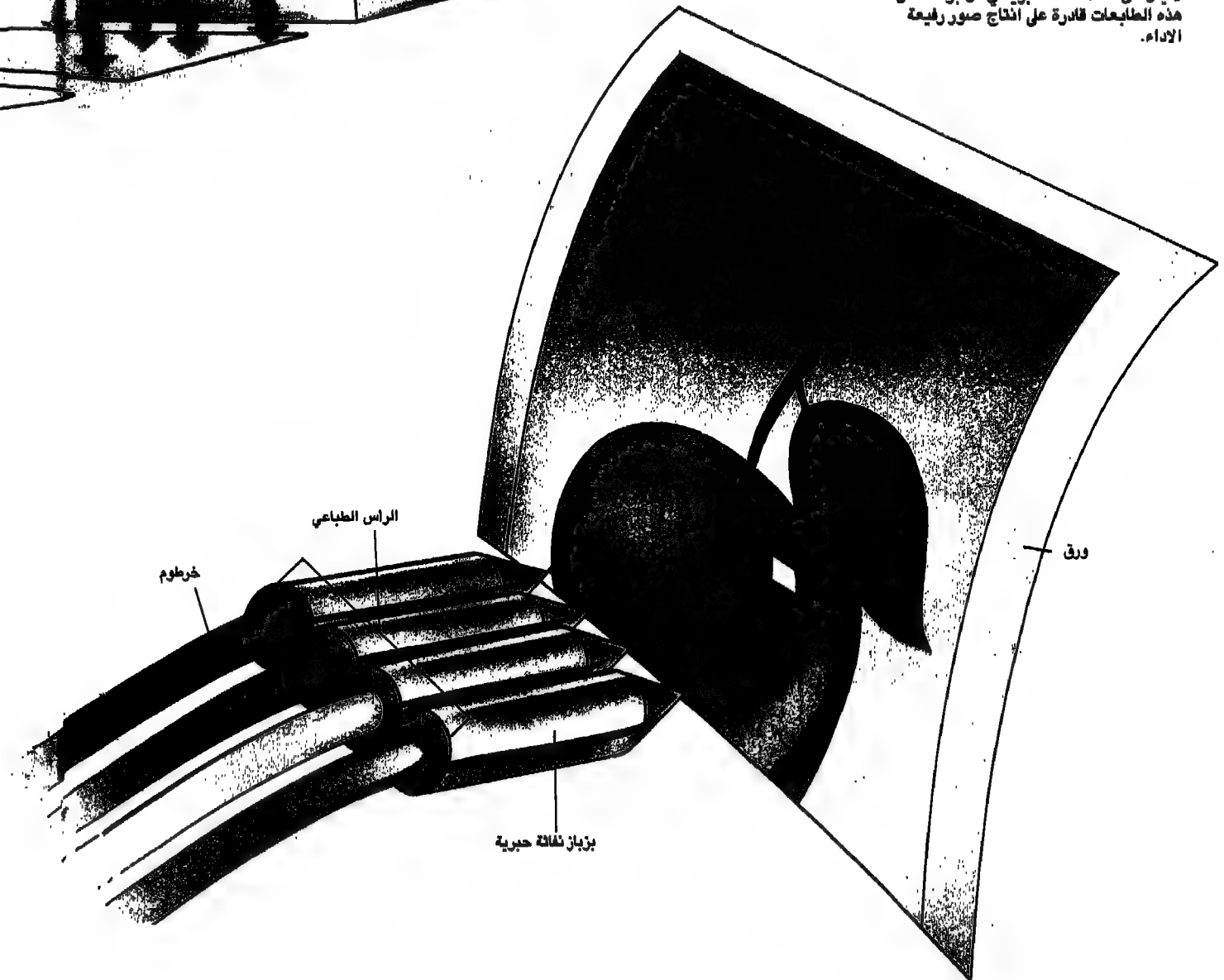




تطبع الطابعات المعروفة بالطابعات النقطة (Indel) الصور من نقاط تتكون عن طريق دفع رذاذ حبري دقيق على الصفحة الورقية. هذا الأسلوب يناسب بصورة خاصة الصور الملونة اذ يستخدم الألوان الطباعية الأساسية الاربعة وهي الازرق الداكن والاحمر المجنثا والاصفر والاسود. وحينما يتحرك الرأس الطباعي افقيا على صفحة الورق تطلق النقاط رذاذات الحبر بتسلسل ينظمه معالج صغري موجود في الطابعة مكونا بذلك صفا من النقاط في كل رشة نقاعة. ولما كانت هذه الطابعات تستطيع رش ما لا يقل عن ٣٠٠ نقطة حبرية في كل بوصة فإن هذه الطابعات قادرة على انتاج صور رفيعة الاداء.

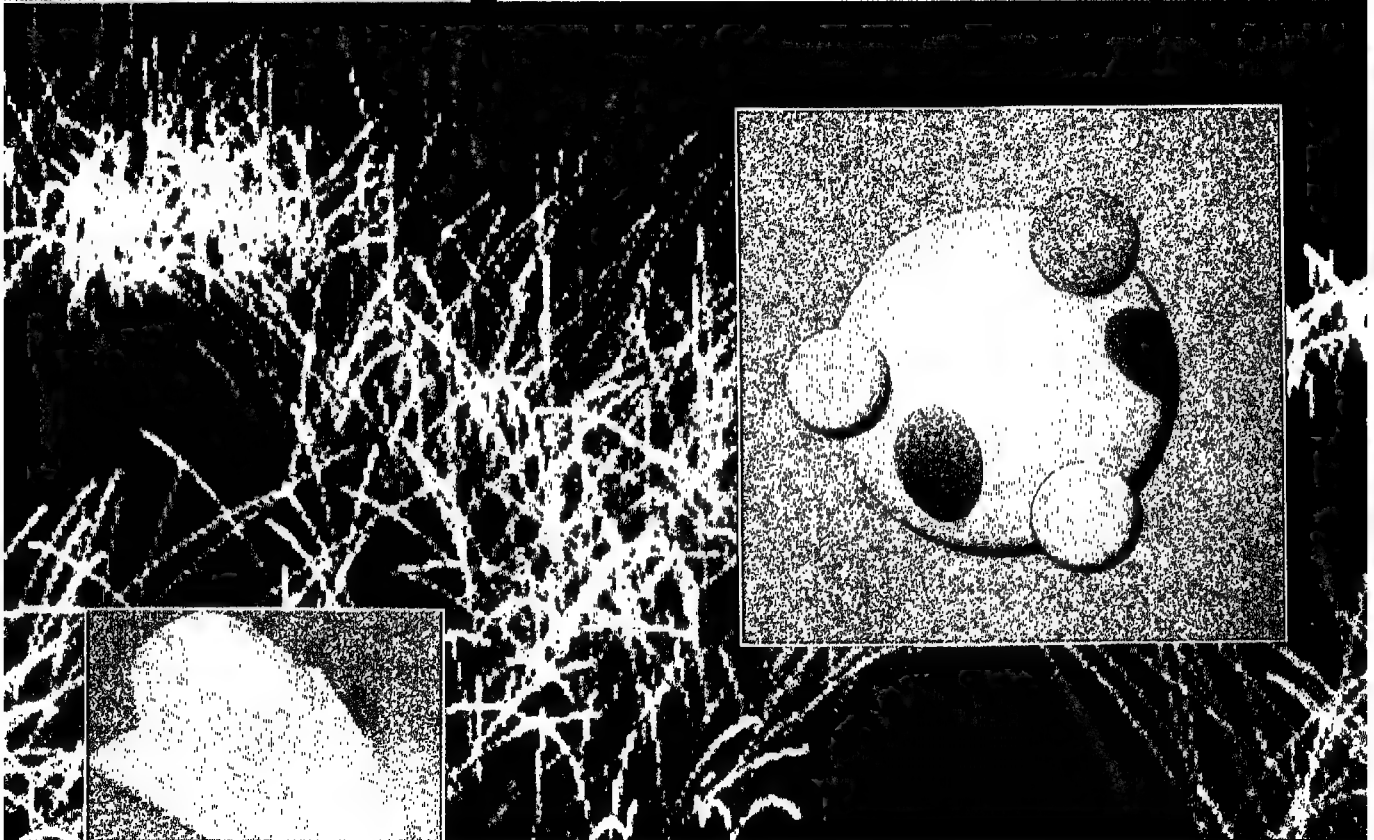
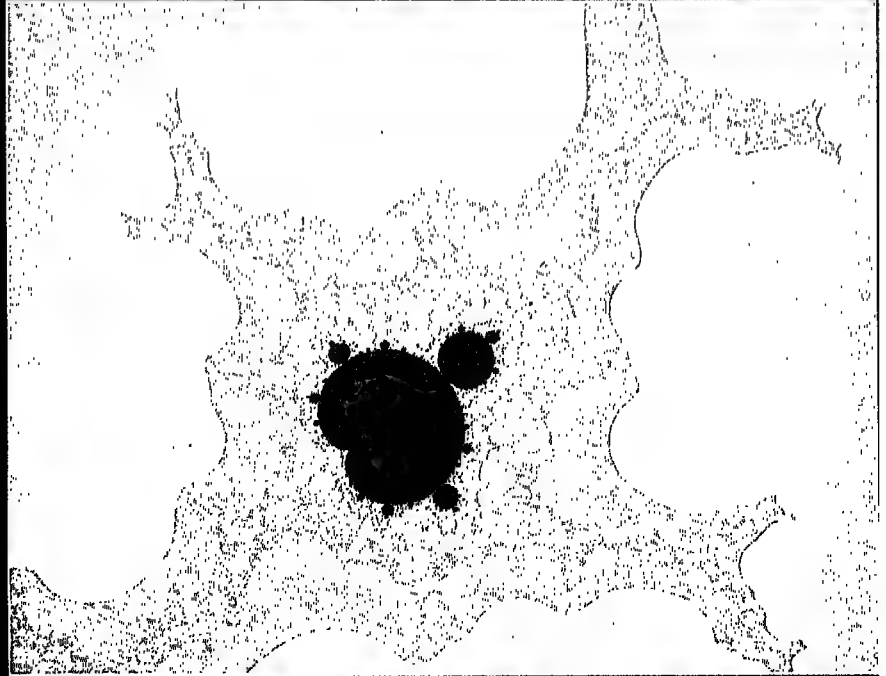
مكونا بذلك صورة معكوسة مستترة. بعد ذلك يرش الطبل بمسحوق ناعم مشحون بالكهرباء الموجبة يطلق عليه منغم (Toner) (٤) والذي يلتصق على الامكنة ذات الشحنة الحيدية (٥). وحينما تتصل الصفحة الورقية (٦) المشحونة بالكهرباء السالبة بالطبل ينجذب المنغم اليها مكونا الشكل المطلوب (٧). ويلتصق الرسم على الورقة بمزيج من الحرارة والضغط (٨). وبعد ان يتم انتاج الورقة المطبوعة (٩) يتحرر الطبل من شحنته الكهربائية وينظف ويعدا شحنة استعدادا لعملية طباعية تالية.

هناك نوع آخر من الطابعات يعمل بمبدأ التصوير الحراري (Electrophotography) المعروف باسم الطابعات الليزرية (Laser) هذه الطابعات تستطيع طباعة صفحة كاملة دفعة واحدة. وتتالف الطابعة الليزرية من جهاز ليزري صغري (١) يشغل ويطلق ملايين المرات في الثانية الواحدة بواسطة معالج صغري فيطلق مجرى ضوئيا على مرآة مسدسة الزوايا (٢) هذه المرآة تؤدي الى ارتداد الضوء فينعكس على طبل (Drum) مشحون بالكهرباء الموجبة (٣) فيتحدد السطح من الكهرباء اي يفقد شحنة الضوء



## الرسوم التصويرية

يستطيع الكمبيوتر أنبات الغشب وروية الاشكال المجسمة من اية زاوية شئنا بل وحتى محاكاة النشاط الديناميكي للمذنبات. ومن تطبيقات الكمبيوتر الرسومية الجديدة المهشومات (Fractals) وهي اشكال جيومترية وهمية كليا تعبر عن تصاميم رياضية تتيح للعلماء فهم الظواهر الطبيعية عن طريق دراسة بعض الظواهر الرسومية التي تبدو منتظمة ولكن تكشف عند تحليلها، كمبيوتريا، عن انتظام حقي ومدهش. وتستعمل هذه التقنية لحاكاة الطبيعة لدراسة قوانينها اضافة الى ذلك تستعمل التطبيقات الرسومية في مختلف الشؤون التي تتعدى الطب والصناعة الى التسلية. فبالامكان «سوق» سيارة وصدمةا بوجه حائط، على الشاشة الكمبيوترية، لمعرفة تأثير ذلك على مكونات السيارة.













01D110144